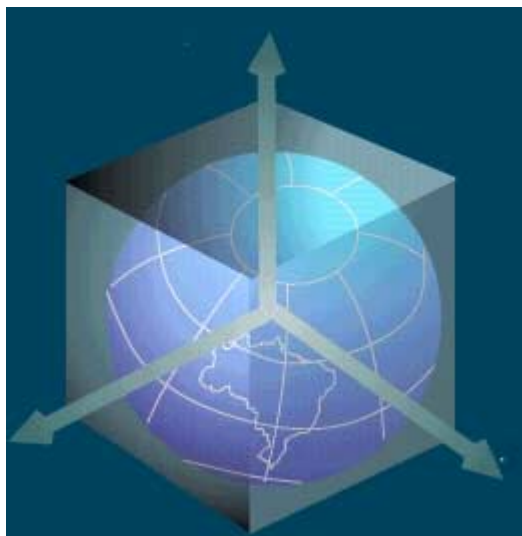

PROPOSTA PRELIMINAR PARA A ADOÇÃO DE UM REFERENCIAL GEOCÊNTRICO NO BRASIL

(DOCUMENTO PRELIMINAR – TEXTO PARA DISCUSSÃO)

MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO E GESTÃO - MP
Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
Diretoria de Geociências - DGC
Departamento de Geodésia - DEGED
Departamento de Cartografia - DECAR



Rio de Janeiro, outubro 2000

APRESENTAÇÃO

O Sistema Geodésico Brasileiro – SGB, em uma nova concepção, é o conjunto de dados e informações que definem um sistema de coordenadas geodésicas referentes ao Território Nacional. A sua materialização se efetiva através das Redes Geodésicas Brasileiras – RGB formadas pelos conjuntos de estações e coordenadas geodésicas. Em outras palavras, o SGB, é o sistema ao qual estão referidas todas as informações espaciais no Brasil.

O contínuo desenvolvimento da comunicação global, transporte e tecnologias de informação fazem emergente e inevitável o uso da infra-estrutura espacial que atenda os padrões de precisão num contexto global. Pela adoção de um único referencial de concepção geocêntrica, o Brasil estará se mobilizando para a sua própria infra-estrutura espacial, de acordo com os padrões da tecnologia atual e compatível com a infra-estrutura global. É com esta visão que vários países na Europa, Ásia e Américas estão se mobilizando para esta mudança e com isso desenvolvendo o seu próprio referencial nacional de característica global.

Com o propósito de fornecer aos usuários produtos de melhor qualidade, tendo em vista também a globalização das informações geográficas, é que pretende-se neste documento traçar as diretrizes e metas para a futura adoção de um referencial geocêntrico, processo este que deverá ser conduzido a partir de uma ampla discussão com a comunidade produtora e usuária de informações georeferenciadas.

Rio de Janeiro, 15 de outubro de 2000

SUMÁRIO

1. Introdução
 2. Observações e recomendações do XIX Congresso Brasileiro de Cartografia - Recife – 1999
 3. O que é um Sistema geodésico de referência ?
 - 3.1 Sistemas de referência clássicos
 - 3.2 Sistemas de referência modernos
 4. SAD69 e suas realizações
 5. Referencial local (SAD69) X Referencial geocêntrico
 6. Proposta futura SIRGAS
 - 6.1 Vantagens do novo sistema geodésico de referência
 - 6.1.1 SIRGAS x WGS84
 - 6.2 Diferenças entre SAD69 E SIRGAS
 - 6.3 Sistema de referência em posicionamentos GPS
 7. Plano de Migração
 - 7.1 Determinar se a migração para um sistema geocêntrico é necessária
 - 7.2 Características importantes na escolha do novo referencial
 - 7.3 A importância da RBMC no plano de migração
 - 7.4 Disponibilização das coordenadas da estrutura geodésica
 - 7.5 Explorar procedimentos de transformação de coordenadas
 - 7.6 Modelo de ondulações geoidais para referencial geocêntrico
 - 7.7 Considerar os efeitos da geodinâmica
 - 7.8 Definir uma época de referência para as coordenadas SIRGAS
 - 7.9 Definir o modelo de atualização das coordenadas SIRGAS
 - 7.10 Estabelecer períodos de atualização das coordenadas no BDG
 - 8 . Elaboração de nova legislação
 9. Análises dos impactos na cartografia
 - 9.1 Avaliação dos resultados de integração e compatibilização cartográfica no processo de migração para o novo referencial
 - 9.2 Orientação quanto à utilização e disseminação dos documentos cartográficos analógicos
 10. Considerações quanto à atualização cartográfica
 11. Contribuição do IBGE no processo de migração
 12. Cronograma
 13. Conclusões e recomendações
 14. Referências bibliográficas
-

1. INTRODUÇÃO

O IBGE é uma das instituições governamentais encarregada de produzir, analisar e divulgar informações sobre o território nacional, indispensáveis à execução de projetos dos setores públicos e privados necessários ao desenvolvimento do país.

Com este objetivo, o IBGE, através do Departamento de Geodésia, tem a atribuição de estabelecer e manter do Sistema Geodésico Brasileiro – SGB, sendo este caracterizado pelo conjunto de estações que representam o controle horizontal e vertical necessários para a localização e representação cartográfica em território brasileiro.

Os primeiros levantamentos geodésicos sistemáticos no Brasil foram realizados na década de 40, sendo o Conselho Nacional de Geografia a instituição responsável por esses trabalhos. No decorrer destes 60 anos de serviços prestados, as atividades desenvolvidas passaram por vários níveis de evolução, sejam eles nas metodologias, no instrumental utilizado, nas ferramentas de processamento e na capacitação do pessoal envolvido.

A Rede Planimétrica de Alta Precisão do SGB é constituída, atualmente, por mais de 5000 estações geodésicas cujas coordenadas estão referidas ao referencial oficialmente adotado desde a década de 70, o Datum Sul Americano de 1969 (SAD69). Sua implantação visou unificar os referenciais utilizados no continente, apesar de não ter sido adotado por todas nações sul-americanas. Ele é representado por uma figura matematicamente definida – um elipsóide de revolução. Adotou-se na época o elipsóide recomendado pela Associação Internacional de Geodésia (IAG), denominado Geodetic Reference System 1967 (GRS67). Definiu-se sua origem e orientação de forma a minimizar as diferenças em relação ao geóide no continente sul-americano, adotando-se parâmetros de definição topocêntrica no vértice de triangulação Chuá. Com isto foi criado o Datum Sul-americano de 1969.

O termo “Alta Precisão” para a rede planimétrica deve ser entendido como uma classificação relativa aos métodos e instrumentos utilizados nos levantamentos no decorrer do seu estabelecimento. Sabe-se, através do reajustamento da rede planimétrica realizado em 1996 [IBGE,1996], que a precisão das coordenadas geodésicas de uma estação estabelecida por triangulação e poligonação não é melhor que 0.5 metros, podendo chegar a 1 metro. Nos dias de hoje, pode-se alcançar precisão centimétrica através de observações a satélites do Sistema de Posicionamento Global GPS (Global Positioning System), utilizando receptores que rastreiam sinais da fase nas duas portadoras.

Com a crescente utilização das técnicas de posicionamento por satélites, particularmente o GPS, têm-se constatado certas inconsistências entre a cartografia existente e os novos levantamentos, pelos quais são evidenciadas distorções, tanto na base cartográfica nacional como na materialização do referencial geodésico. Mesmo atendendo as condições técnicas que regeram o estabelecimento do sistema de referência, esclarecimentos devem ser feitos quanto à ocorrência destas distorções.

Por outro lado, os avanços no gerenciamento e manutenção digital dos dados georeferenciados exigem uma demanda imediata relativa à compatibilidade dos novos levantamentos à base digital, tornando necessário que a plataforma de referência evolua, gerando com isso, uma integração mais dinâmica e efetiva entre a realidade geográfica e a sua representação gráfica. Outra consideração a ser feita diz respeito ao intercâmbio das informações espaciais digitais, o qual é comprometido tendo em vista os diversos referenciais em uso hoje em dia.

Diante dos fatos abordados anteriormente, verifica-se a imediata necessidade de adoção de um novo sistema de referência geodésico que atenda aos atuais requisitos de precisão, face às tecnologias existentes, e que também seja compatível no âmbito internacional. Um período transitório deverá ser proposto para que estudos possam ser feitos quanto aos impactos da adoção do novo referencial nas atividades que fazem uso de informações espaciais (geográficas), e diretrizes serão traçadas para que esta mudança não seja penosa para os usuários.

A implementação de um Sistema de Referência Geocêntrico é um passo positivo para a consistência das informações geográficas estabelecidas atualmente em diversos referenciais.

2. OBSERVAÇÕES E RECOMENDAÇÕES DO XIX CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA - RECIFE - 1999

A proposta de se discutir, através de seminários, a necessidade de adoção de um referencial geocêntrico, bem como os problemas existentes na compatibilização das informações espaciais, decorre das resoluções emanadas da mesa redonda - Referenciais Geodésicos Brasileiros – Passado, Presente e Futuro, realizada no decurso do XIX Congresso Brasileiro de Cartografia - Recife - 1999 . Nesta mesa redonda foram feitas algumas moções/sugestões:

- Necessidade de informações atualizadas dos marcos geodésicos no que se refere a sua situação física;
- Elaboração de uma versão atualizada das Normas e Especificações para Levantamentos GPS (versão preliminar), editadas em 1992;
- Divulgação mais abrangente de produtos do IBGE, no que se refere à disponibilização de certas informações na Internet, como por exemplo RBMC;
- Estabelecimento de novos parâmetros de transformação, ou até mesmo parâmetros regionais, para cada localidade do Brasil;
- Divulgação de um novo mapa geoidal.

3. O QUE É UM SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA ?

Um sistema geodésico de referência – SGR -é um sistema coordenado associado a algumas características terrestres. A implantação de um SGR é dividida em duas partes: definição e materialização na superfície terrestre. A definição compreende a adoção de um elipsóide de revolução, sobre o qual são aplicadas injunções de posição e orientação espacial.

O processo de estimativa das coordenadas das estações físicas com respeito à definição de um determinado referencial é acompanhado pelo cálculo de uma rede que relaciona as estações levantadas. O resultado, estabelecido através de um ajustamento de observações, é um conjunto de valores de coordenadas para as estações que constituem a materialização do SGR. Usualmente, é comum adotar uma única denominação para o sistema definido e para o materializado, como é o caso do SAD69. Deste modo, vários ajustamentos de uma rede geodésica podem ser realizados mantendo-se o mesmo sistema definido, mas usando-se

diferentes injunções; ou os mesmos dados podem ser ajustados com respeito a diferentes sistemas definidos.

A forma com que um SGR é definido tem evoluído com o avanço da tecnologia disponível para o posicionamento geodésico. Como por exemplo, o SAD69 foi definido de maneira diferente do World Geodetic System 1984 (WGS84), usado no segmento espacial do GPS, e do International Terrestrial Reference System (ITRS), monitorado pelo International Earth Rotation Service (IERS). As duas formas de definição de um SGR são apresentadas nas próximas sessões.

3.1 SISTEMAS DE REFERÊNCIA CLÁSSICOS

A determinação de posições precisas sobre a superfície terrestre através dos métodos clássicos em geodésia tradicionalmente implicou na necessidade de adoção de dois SGR; um horizontal e outro vertical. O SGR vertical fornece a referência para a determinação precisa dada componente altimétrica do SGB, enquanto o SGR horizontal fornece a referência para a determinação precisa das componentes horizontais, latitude e longitude.

Conforme dito anteriormente, um SGR horizontal é tradicionalmente definido por um elipsóide e seu posicionamento no espaço. Este elipsóide é escolhido de forma a garantir uma boa adaptação ao geóide na região. Os parâmetros definidores do sistema normalmente estão vinculados a um ponto na superfície terrestre, denominado de ponto origem. O centro deste elipsóide não coincide com o centro de massa da Terra – o geocentro, devido ao requisito de boa adaptação na região de interesse.

3.2 SISTEMAS DE REFERÊNCIA MODERNOS

A tecnologia de hoje em dia faz com que um SGR possa ser fundamentado (realizado) a partir de um conjunto de estações cujas coordenadas são conhecidas no sistema em questão com grande precisão. Estas coordenadas, por sua vez, são estabelecidas através de técnicas de posicionamento espacial de alta precisão, tais como, VLBI (Very Long Baseline Interferometry), SLR (Satellite Laser Ranging) e GPS. Sendo assim, as medidas estão relacionadas a um sistema cartesiano 3D com origem no geocentro.

Apesar destes sistemas fornecerem as três componentes definidoras de um ponto na superfície, a componente altimétrica neste caso está referida à superfície do elipsóide, que geralmente não é a referência usada em trabalhos de engenharia por não ser uma superfície equipotencial do campo de gravidade terrestre. Desta forma, a componente altimétrica, na maioria das vezes, é convertida para o SGR vertical através do conhecimento da ondulação geoidal ou transportada por métodos clássicos a partir de estações conectadas diretamente ao SGR vertical.

Dos sistemas de posicionamento abordados acima, o GPS é o mais popular de todos, devido ao fácil acesso e à qualidade do posicionamento obtido. Inicialmente desenvolvido para propósitos militares, seu emprego atual é muito mais vasto, sendo utilizado em diversas aplicações pela comunidade civil, como por exemplo:

- Posicionamento de um modo geral;
- Transporte e comunicações;
- Gerenciamento e monitoramento ambiental;
- Atualização de Sistemas de Informações Geográficas - SIG;

- Navegação terrestre, marítima e aérea;
- Lazer, esportes, entre outros.

Sendo assim, constata-se que a ampla aplicação do GPS é incontestável e necessária hoje em dia.

4. SAD69 E SUAS REALIZAÇÕES

A rede planimétrica continental do SAD69 foi ajustada pela primeira vez na década de 60. Neste ajustamento, cadeias de triangulação de vários países tiveram seus dados homogeneizados, adotando-se o mesmo tratamento. Em função da extensão da rede e das limitações computacionais da época, fez-se necessário dividir o ajustamento por áreas. Optou-se, então, pelo método de ajustamento conhecido por “piece-meal” [Costa, 1993], no qual uma vez ajustada uma determinada área, as estações das áreas adjacentes, comuns à ajustada, são mantidas fixas, de modo que cada estação da rede só tenha um par de coordenadas correspondente. Este procedimento foi mantido pelo IBGE no processo de densificação da rede planimétrica após o estabelecimento do SAD69. Esta metodologia de densificação foi uma das causas do acúmulo de distorções geométricas (escala e orientação) na rede planimétrica. Outro fato que não pode ser ignorado é a diversidade de instrumentos e métodos utilizados no decorrer do estabelecimento da rede, tornando complexa a análise da precisão das coordenadas das estações.

Os problemas na densificação do SAD69 contribuíram para a propagação de distorções na sua materialização, sendo eles: a falta de rigidez geométrica da rede, a ausência de um modelo geoidal preciso e a aplicação de métodos não rigorosos na integração dos novos levantamentos.

Tendo em vista todos os fatos abordados, aliados aos avanços tecnológicos emergentes, constatou-se a necessidade de um reajustamento da rede, desta vez de forma global, abrangendo todas observações disponíveis até então. O advento do GPS veio contribuir para a melhoria da rigidez da rede, na medida que a rede nacional GPS forneceu uma estrutura de controle no reajustamento [IBGE, 1996]. Como o SAD69 é o referencial oficialmente adotado no Brasil, neste reajustamento foram mantidos os mesmos parâmetros definidores e injunções iniciais do sistema. Sendo assim, o sistema definido não foi modificado, mantendo-se a mesma denominação para o sistema de referência SAD69 na sua nova realização após o reajustamento.

5. REFERENCIAL LOCAL (SAD69) X REFERENCIAL GEOCÊNTRICO

As facilidades e a boa qualidade nos resultados obtidos na utilização da tecnologia GPS tornam esta uma das ferramentas mais populares e avançadas de posicionamento. As coordenadas podem ser determinadas de uma forma muito precisa (ao nível de centímetro ou até mesmo milímetro), a baixos custos e em um pequeno intervalo de tempo, garantindo, assim, a continuidade e expansão da sua utilização. Os sistemas de referência geocêntricos estão sendo adotados nas informações espaciais náuticas e aeronáuticas do mundo todo devido à sua compatibilidade internacional.

Algumas inconsistências surgem entre o sistema de referência adotado no GPS, o WGS84, e os referenciais existentes, associados a uma figura da terra não geocêntrica, como é o caso do SAD69 (Figura a). Esta situação já está sendo contornada em vários países, tais como Estados Unidos, Austrália e Canadá, através de diretrizes para a mudança e adoção de um novo referencial visando a compatibilidade dos novos levantamentos realizados com GPS.

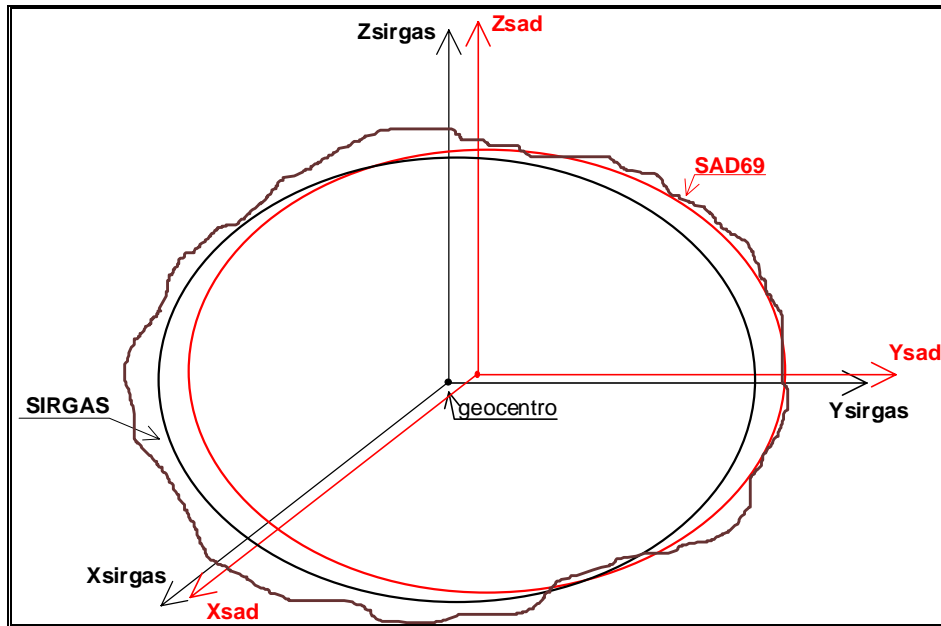


Figura a : Diferenças na definição dos referenciais: local - SAD69 e geocêntricos (WGS84 e SIRGAS).

A definição clássica dos sistemas de referência se fazia mediante a determinação astrogeodésica de valores de latitude e longitude de um ponto sobre a superfície terrestre, o qual era definido como origem do referencial local. Se o tamanho e a posição dos elipsóides de referência variam as coordenadas geodésicas para um mesmo ponto sofrem esta variação. Por este motivo, quando se quer representar levantamentos GPS sobre a cartografia existente referida ao SAD69 se encontram diferenças de aproximadamente 65 metros, em média.

Na prática, o procedimento mais utilizado para compatibilização entre resultados GPS (referencial geocêntrico) e o SAD69 (referencial local) é baseado na estimativa de parâmetros de transformação, obtidos através de um conjunto de estações com coordenadas conhecidas em ambos sistemas, e no uso de um modelo matemático de transformação (Molodensky ou de Similaridade). Conseqüentemente, a precisão final de uma coordenada transformada dependerá da precisão dos parâmetros estimados e do modelo matemático utilizado.

Se o modelo de similaridade for utilizado, a integridade das medições GPS será preservada, mas o relacionamento com a informação georeferenciada existente poderá ser prejudicado. Entretanto, se a prioridade for a manutenção do relacionamento entre o novo e o existente, ao processo de transformação poderá ser incorporada a modelagem de distorções. Neste caso, o levantamento realizado por GPS terá a sua geometria e precisão degradadas. Conclui-se então que a modelagem de distorções, como procedimento de integração, preserva apenas o relacionamento com a materialização do referencial a ser utilizado.

Os aspectos anteriormente abordados geram, em conjunto, as variações das coordenadas dos pontos representados na cartografia. Estas divergências entre os mapas atuais e os levantamentos realizados com GPS não são constantes e variam de acordo com a localização da região em questão.

6. PROPOSTA FUTURA SIRGAS

Os níveis atuais de precisão obtidos no posicionamento geodésico tornam obrigatória a adoção de sistemas de referência que forneçam um georeferenciamento a nível global e que permitam a consideração da variação temporal das coordenadas de acordo com a dinâmica terrestre.

Atualmente a figura geométrica de referência recomendada pela Associação Internacional de Geodésia (IAG) na definição de sistemas é o GRS80 (Geodetic Reference System, 1980), sendo considerado idêntico ao WGS84 em questões de ordem prática, como é o caso do mapeamento. As constantes dos dois elipsóides são idênticas, com exceção de uma pequena variação no achatamento ($f_{\text{WGS84}}=1/298.257223563$, $f_{\text{GRS80}}=1/298.257222101$). Em coordenadas, esta diferença é da ordem de 0.1 mm. Para estruturas de alta precisão, as coordenadas devem sofrer variação temporal, decorrente da dinâmica terrestre.

Neste sentido, um referencial geodésico (entende-se, sistema) moderno apresenta as seguintes características: sua definição pressupõe a adoção de um elipsóide de revolução cuja origem coincide com o centro de massas da Terra e a sua realização (materialização) se dá mediante o estabelecimento de uma rede de estações geodésicas com coordenadas tridimensionais conhecidas. O referencial mais preciso existente na atualidade é o ITRS, sendo as suas realizações denominadas de ITRF $_{yy}$ (International Terrestrial Reference Frame, ano yy). Como as coordenadas das estações sobre a superfície terrestre variam em função do tempo, é necessário redefinir periodicamente seus valores. Por este motivo, a denominação dada à materialização do ITRS vem acompanhada pelo ano (yy) em que foi estabelecida. Por exemplo, ITRF94 para a realização referente ao ano de 1994.

Com o objetivo de se compatibilizar os sistemas geodésicos utilizados pelos países da América do Sul, o projeto SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul) foi criado com vistas a promover a definição e estabelecimento de um referencial único compatível em termos de precisão com a tecnologia atual (entenda-se GPS).

O projeto SIRGAS foi criado na Conferência Internacional para Definição de um Referencial Geocêntrico para América do Sul, realizada em 1993 em Assunção – Paraguai [IBGE, 1997]. Os primeiros resultados do SIRGAS foram divulgados na reunião científica da IAG, realizada no Rio de Janeiro em 1997. Estes resultados se traduzem em uma das redes de referência continentais mais precisas do mundo. Composta por 58 estações (vide Figura *b*) distribuídas pelo continente, com coordenadas determinadas por GPS e referidas ao sistema de referência internacional mais preciso de então, o ITRF94, época 1995.4, estabelecendo, desta forma, o Sistema SIRGAS. Das 58 estações, 11 se situam no território brasileiro, das quais 9 coincidem com pontos da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC) [Fortes et al., 1998], a rede geodésica ativa implantada pelo IBGE no Brasil.

A densificação da rede SIRGAS é naturalmente conduzida a partir da conexão das redes geodésicas dos países da América do Sul. Com este objetivo, o IBGE vem desenvolvendo o ajustamento da rede geodésica neste novo sistema de referência.



Figura b. Rede SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para América do Sul). Os diferentes símbolos representam os vários receptores GPS utilizados durante a campanha SIRGAS95

6.1 VANTAGENS DO NOVO SISTEMA GEODÉSICO DE REFERÊNCIA

A adoção do SIRGAS no Brasil se constitui em uma necessidade, objetivando o atendimento dos padrões globais de georeferenciamento. Com isto, fica garantida a manutenção da qualidade dos levantamentos GPS realizados em território nacional, uma vez que manter o seu referenciamento ao SAD69 implicaria em degradação de precisão. Outro fator determinante diz respeito à necessidade de se buscar uma compatibilidade com os demais países sul-americanos, adotando-se no continente um referencial geodésico único para as atividades cartográficas, o mesmo que se buscou fazer na década de 70 com o SAD69.

Alguns setores da cartografia, tais como a marinha e a aeronáutica, já estão em processo de adoção de um referencial geocêntrico, em atendimento a acordos internacionais. Por outro lado, as novas aplicações na manipulação de sistemas de informação facilitarão cada vez mais na utilização de sistemas geocêntricos.

6.1.1 SIRGAS x WGS84

Desde o estabelecimento do sistema GPS, o WGS84 já sofreu duas atualizações, com vistas a refinar sua realização. Nestas duas atualizações, o objetivo sempre foi aproximá-lo ao ITRFyy, por ser este último o mais preciso (vide figura c). A mais recente recebeu a denominação de WGS84 (G873), época 1997.0 [NIMA,1997].

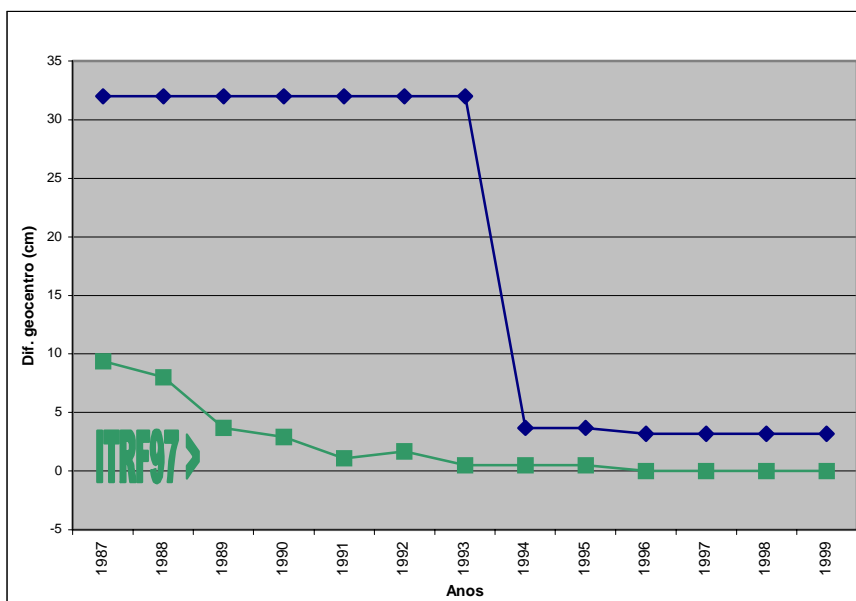


Figura c. Diferenças no geocentro entre as versões de WGS84 e ITRF.

Cabe destacar que, para fins cartográficos, a realização atual do WGS84 pode ser considerada coincidente com as realizações do ITRS (ou seja, ITRFyy), uma vez que a diferença entre coordenadas de um mesmo ponto referidas aos dois sistemas está estimada em algo inferior a 5 centímetros. Tendo em vista que o SIRGAS nada mais é do que o ITRF94 densificado na América do Sul, a mesma coincidência com o WGS84 pode ser assumida, em conformidade ao exposto acima.

O ITRF97, época 1997.0, é a última realização do ITRS, sendo este o sistema de referência mais preciso até hoje realizado [IGS, 1999]. Seus parâmetros de posição (coordenadas e velocidades) são produzidos a partir da combinação de um conjunto de técnicas espaciais de posicionamento, tais como VLBI (Very Long Baseline Interferometry), SLR (Satellite Laser Ranging), LLR (Lunar Laser Ranging), GPS e DORIS (Doppler Orbitography and Radiolocation Integrated by Satellite) em mais de 500 estações distribuídas pelo mundo todo. Conforme comentado acima, o SIRGAS é uma densificação do ITRF94 na América do Sul. A nível de definição, não existem diferenças entre a versão 94 e 97. A única diferença está na quantidade de estações e metodologia de ajustamento. Todas as versões de referenciais ITRF são consistentes em poucos centímetros. Na prática essas diferenças são irrelevantes.

Quando se pensa em adoção de um sistema geocêntrico, a idéia natural que surge é a opção pelo WGS84, em função da sua utilização pelo sistema GPS. No entanto, os seguintes argumentos se apresentam em favor de um sistema baseado no ITRFyy:

- ITRFyy é o sistema mais preciso, servindo de meta para os responsáveis pelo refinamento do WGS84. A National Imagery and Mapping Agency (NIMA), órgão dos EUA responsável pelas atualizações do WGS84, injuncionou as coordenadas ITRF de algumas estações pertencentes à rede global do International GPS Service (IGS) [Slater and Malys, 1998] [Swift, 1994], o que demonstra o objetivo claro de aproximar o WGS84 ao ITRFyy;
- Mais de 500 estações espalhadas pelo mundo foram usadas no estabelecimento do ITRF97, enquanto que o WGS84 usou apenas cerca de 32 em sua última atualização;

- As soluções do ITRFyy incluem estimativas de velocidade para as estações, o que permite estimar a variação temporal das coordenadas em procedimento onde se busca precisões científicas. No momento as velocidades de estações referidas ao WGS84 não estão disponíveis. Portanto, o ITRFyy atende tanto a aplicações científicas quanto práticas, o mesmo não podendo ser dito em relação ao WGS84;
- O WGS84 é gerenciado por um órgão da estrutura governamental dos EUA, o que significa que a comunidade científica internacional não tem acesso às suas atividades. O ITRFyy é desenvolvido pelo IERS, que é um serviço pertencente à estrutura da IAG, com ampla participação internacional, inclusive do Brasil;
- Como dito acima, a atual realização do WGS84 pode ser considerada coincidente com o SIRGAS para fins cartográficos [NIMA, 1997].

Tendo em vista os argumentos acima, torna-se evidente que a opção pelo SIRGAS ao invés do WGS84 constitui o caminho a ser seguido no caso da adoção de um sistema geocêntrico.

6.2. DIFERENÇAS ENTRE SAD69 E SIRGAS

No primeiro ensaio na determinação de parâmetros de transformação utilizou-se somente cinco das dez estações SIRGAS que possuíam coordenadas conhecidas em SAD69, coordenadas estas determinadas no reajustamento global, finalizado em 1996. Destas cinco estações, quatro foram utilizadas na determinação de parâmetros de transformação entre os dois sistemas. Em decorrência das rotações serem da ordem do centésimo do segundo e a escala da ordem de poucos (0,04) ppm¹, optou-se também pela sua exclusão, sendo consideradas somente as translações existentes entre as origens dos dois sistemas. O modelo matemático utilizado foi o de Similaridade. Os resultados finais dos parâmetros de transformação foram:

de SIRGAS para SAD69

Translação em X : 67.327 m +- 0.036 m
 Translação em Y : -3.899 m +- 0.036 m
 Translação em Z : 38.292 m +- 0.036 m

de SAD69 para SIRGAS

Translação em X : -67.327 m +- 0.036 m
 Translação em Y : 3.899 m +- 0.036 m
 Translação em Z : -38.292 m +- 0.036 m

Estas informações, entretanto, não poderão ser utilizadas como valores oficiais até que seja feito o reconhecimento do SIRGAS como referencial a ser adotado no Brasil.

Horizontalmente, estas diferenças entre os dois sistemas se traduzem em diferenças em coordenadas de aproximadamente 65 metros ao longo do Brasil, na direção nordeste, conforme apresentado na figura d.

¹ Partes por milhão

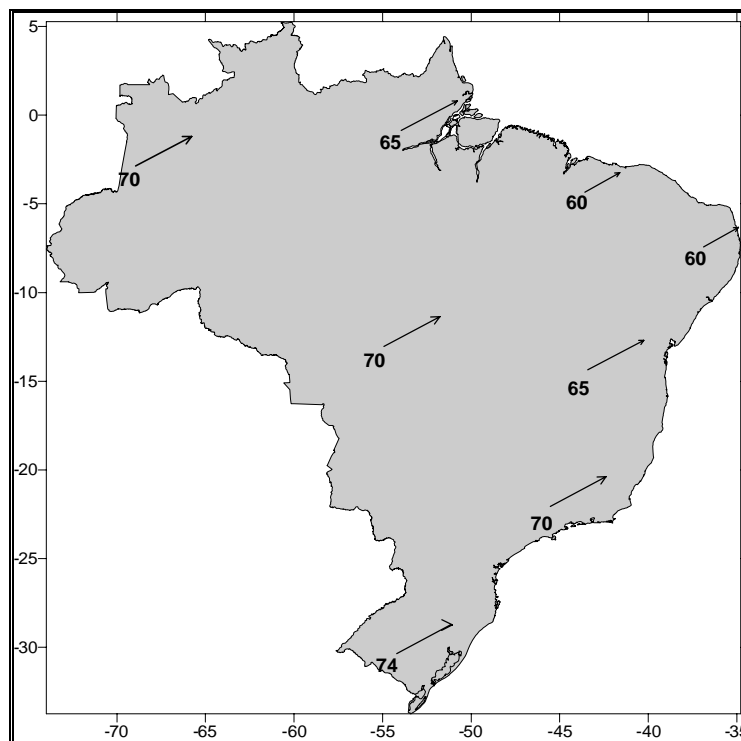


Figura d. Vetores de deslocamento horizontal entre SAD69 e SIRGAS.

6.3 SISTEMA DE REFERÊNCIA EM POSICIONAMENTOS GPS

Em que sistema de referência estão as coordenadas quando é realizado um levantamento GPS? Existem várias respostas para esta pergunta que depende das efemérides e inunções utilizadas no processamento das observações. A resposta será WGS84 para processamentos realizados com efemérides operacionais e coordenadas das estações de inunção referidas ao WGS-84; e ITRFyy para processamentos feitos com efemérides precisas do IGS e coordenadas das estações referidas ao mesmo sistema ITRFyy das efemérides.

Em que situações são obtidas coordenadas SIRGAS? Considerando que o SIRGAS é uma densificação do ITRF94 na América do Sul, basta apenas efetuar o processamento com efemérides precisas e estações de inunção (estações de referência para o processamento) com coordenadas em SIRGAS.

7. PLANO DE MIGRAÇÃO

Para o período transitório de adoção do novo referencial propõe-se que seja traçado um plano de migração. Plano de migração é o termo usado para descrever o processo de planejamento na implementação de um referencial geocêntrico no Brasil. Neste processo deverão ser consideradas as seguintes fases:

1. Determinar se a migração para um sistema geocêntrico é necessária, tanto do ponto de vista geodésico quanto do cartográfico;
2. Desenvolver as estratégias do plano de migração;
3. Implementar as estratégias do plano de migração.

Estas etapas são processos interdependentes e deverão ser tratadas em conjunto. O conteúdo e estrutura de um plano resultante deste processo de transição varia em cada instituição ou empresa. Faz-se necessária a definição de um conjunto mínimo de procedimentos e parâmetros, que obrigatoriamente deverão ser utilizados por produtores e usuários, garantindo desta forma, a integridade com o SGB. Não existirá uma estrutura padrão para a estratégia de migração, entretanto existem elementos padrão para a estratégia de migração, os quais precisam ser considerados e explorados, tais como:

- Converter os mapas e informações espaciais digitais;
- Ajustar a legislação;
- Informar aos usuários de como está sendo feita a implementação da migração;
- Treinamento de pessoal envolvido na migração.

Mesmo quando a opção de uma instituição for não mudar de referencial, haverá a necessidade de adaptar as suas tarefas quando se utiliza informações de outra instituição, como, por exemplo, na incorporação de informações referidas a um referencial geocêntrico.

Os aspectos gerais no desenvolvimento de um plano estratégico são:

- Pesquisar sobre os referenciais disponíveis atualmente;
- Avaliar as suas características e precisão com os quais são definidos e materializados. Como, por exemplo, se atendem à geodésia e cartografia simultaneamente;
- Prestar esclarecimentos sobre o que significa sistemas de referência, porque são necessários e porque mudar;
- Estimular a discussão sobre referenciais geocêntricos, abrindo canais de discussão internos e externos. Pessoas de uma mesma empresa têm diferentes pontos de vista, bem como pessoas de diferentes empresas precisam ser informadas sobre o plano de migração. A discussão externa se faz necessária para verificar se os usuários de seus produtos estão preparados para as suas estratégias de migração. Quais produtores que estão desenvolvendo estratégias de migração e que estratégias são estas.
- Promover seminários onde as estratégias de migração serão discutidas;
- Promover uma “auditoria”, em todas informações georeferenciadas de sua empresa; na qual serão levantados os seguintes aspectos: que tipo de informação está em meio analógico e digital, em que sistema de referência estão as informações espaciais, Qual a precisão deste referencial, como é utilizado, como e quem é responsável pela sua manutenção.
- Desenvolver ferramentas que auxiliarão o desenvolvimento do processo de migração.
- Para implementar efetivamente o plano estratégico de migração, é preciso verificar o momento da mudança, pois está é uma decisão institucional a ser tomada. A escala de tempo e custos variam dentro de cada instituição e de seus produtos. Obviamente, que a disponibilização de recursos financeiros influenciarão o momento da implementação. Neste contexto os produtores precisarão ser os primeiros a implementar as estratégias. Investimentos serão necessários para manter dois bancos

de dados, treinar pessoal e efetivamente converter os dados. Os usuários poderão converter em qualquer momento, mas quanto mais cedo tomar esta iniciativa, menos recursos serão necessários para a conversão dos dados. Investimento para a migração será a maior dificuldade que tanto usuários quanto produtores terão, mas cabe aqui sinalizar a importância desta decisão nos dias de hoje.

7.1 DETERMINAR SE A MIGRAÇÃO PARA UM SISTEMA GEOCÊNTRICO É NECESSÁRIA

Essencialmente, qualquer empresa e/ou instituição que produz ou utiliza informações espaciais precisa considerar um plano estratégico de migração. No caso de alguma empresa ou instituição que não pratica o intercâmbio de informações espaciais, não haverá necessidade de se preocupar neste sentido. Entretanto, existem poucas empresas que estão nesta situação. Realisticamente, existirá, mais cedo ou mais tarde, a inevitável necessidade de produtores e usuários se mobilizarem para a adoção de um referencial único para as suas informações e assim desenvolverem e implementarem um plano de migração.

Em particular, os segmentos que necessitam de um plano de migração são:

- Produtores e usuários de mapas;
- Produtores e usuários de informações georeferenciadas;
- Qualquer um envolvido em atividades de posicionamento.

7.2 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES NA ESCOLHA DO NOVO REFERENCIAL

Conforme abordado anteriormente, o novo referencial deverá atender a atual demanda de qualquer produtor ou usuário de geodésia e cartografia. Para isto, os métodos e procedimentos utilizados no estabelecimento de coordenadas deverão ser as técnicas espaciais de posicionamento, como por exemplo o VLBI, SLR e o GPS. Estas técnicas possuem duas vantagens perante as terrestres. A primeira consiste no posicionamento 3D de uma estação geodésica e a segunda na alta precisão com a qual são determinadas as coordenadas, gerando como consequência a necessidade de emprego de uma quarta componente, associada à época de obtenção das coordenadas. Sendo assim, as coordenadas das estações que compõem a materialização de um sistema de referência terrestre nos padrões atuais de referenciamento possuem quatro componentes, três de definição espacial e uma de definição temporal. Eventualmente, as velocidades descrevem as variações dos valores das coordenadas com o tempo.

Para isto, deve-se seguir as recomendações da IAG no sentido da adoção do ITRF como estrutura primária para referenciamento no Brasil. Esta, por sua vez, é representada pelo SIRGAS, que possui as seguintes características:

- Adota, na sua definição, a plataforma de referência recomendada pelo IAG, o GRS80, representando a forma e dimensões da Terra em caráter global; e o seu posicionamento se dá segundo os eixos coordenados do ITRS, sendo, portanto, geocêntrico;

- Emprega, na sua materialização, uma das técnicas de posicionamento mais precisas hoje em dia, o GPS;
- Corresponde à densificação do ITRF na América do Sul;
- Subentende a estrutura geodésica mais precisa em nosso continente. No Brasil, esta estrutura compreende a RBMC, o que garante a conexão imediata ao sistema SIRGAS através de posicionamentos empregando o GPS a partir desta rede ativa;
- A RBMC, representando o segmento ativo da materialização do referencial, desempenhará o papel de instrumento na avaliação temporal do SIRGAS como referencial dinâmico no Brasil (o próprio SIRGAS prevê uma atualização temporal a cada cinco anos).

7.3 A IMPORTÂNCIA DA RBMC NO PLANO DE MIGRAÇÃO

A RBMC representa o segmento ativo da estrutura geodésica no Brasil. O rastreamento contínuo de satélites GPS possibilita o monitoramento permanente das coordenadas de suas estações e conseqüentemente a avaliação da variação temporal das coordenadas.

A sua importância no plano de migração será essencialmente de ordem prática. As estações da RBMC desempenham o papel de infra-estrutura fundamental de referência para os levantamentos relativos, sejam eles, estáticos ou cinemáticos, com GPS. A sua atual configuração permite o posicionamento de alta precisão para estações ocupadas com receptores geodésicos. Em levantamentos de precisão com receptores de uma frequência, o afastamento para a estação da RBMC mais próxima é limitado pelos efeitos da refração nas camadas mais altas da atmosfera, sendo este limite função da precisão almejada e do nível de atividade ionosférica. Deste modo, as estações da RBMC colaboram na execução de uma ampla quantidade de atividades que requerem posicionamento.

Para que isto possa ser colocado efetivamente em prática e acessível a todos, novos investimentos deverão ser feitos, no sentido de:

- Otimizar a comunicação de dados e acesso remoto às estações da RBMC, possibilitando a transferência de dados para o centro da rede no Rio de Janeiro a cada hora ou até mesmo em tempo real;
- Implantar estrutura de armazenamento e organização para uma demanda de acesso imediato;
- Implantar estrutura de acesso aos dados gratuitamente, via Internet;
- Implantar no futuro serviços de suporte ao posicionamento cinemático em tempo real, baseados na RBMC, usando tanto o código quanto a fase da onda portadora;
- Densificar continuamente a RBMC, de forma a suportar os serviços descritos no item anterior e a facilitar posicionamentos precisos com equipamentos de uma frequência.
- Densificar a estrutura planimétrica através do GPS (Redes Estaduais GPS), a partir da demanda dos estados e onde houver carência na materialização do SGB.

Tendo os três primeiros itens acima disponibilizados, os usuários poderão planejar seus levantamentos operando de forma mais eficiente com os dados da RBMC. Os itens restantes correspondem à uma evolução dos serviços prestados pela rede.

7.4 DISPONIBILIZAÇÃO DAS COORDENADAS DA ESTRUTURA GEODÉSICA

O segmento passivo da estrutura geodésia estabelecida no país é representado pelas estações GPS e as estações da rede clássica (vértices de triangulação e estações de poligonal). Estas duas estruturas, apesar de terem sido estabelecidas em épocas distintas, possuem cerca de 50 estações de conexão entre elas, as quais vêm possibilitar o ajustamento simultâneo de suas observações.

Atualmente, todas coordenadas disponíveis no Banco de Dados Geodésicos (BDG) do IBGE estão referidas ao SAD69, realização 1996. Na conclusão do ajustamento em 1996, verificou-se que a precisão absoluta nas coordenadas planimétricas das estações da rede clássica não são melhores que 20 cm, sendo, em alguns casos, superiores a 50 cm. As estações GPS estão em média com precisão absoluta de 10 cm. Considerando o SAD69 um referencial horizontal, é informada apenas a precisão das componentes planimétricas, mesmo para as estações estabelecidas por GPS. A migração para um referencial geocêntrico como o SIRGAS irá melhorar a precisão das coordenadas das estações GPS, uma vez que eliminará a transformação para SAD69. O mesmo não acontecerá para as estações da rede clássica. No caso das estações da rede clássica, a melhoria se dará somente na acurácia.

Uma possibilidade a ser vislumbrada durante o período de transição será a disponibilização das coordenadas nos dois sistemas, SAD69 (realização 1996) e SIRGAS, sendo o SAD69 (realização 96) mantido como oficial até 2010. A partir desta data o SGR oficial será SIRGAS e não serão mais disponibilizadas coordenadas em SAD69. Em substituição, deverão ser utilizados programas de transformação.

Visando o êxito no processo transitório, deverão ser desenvolvidas as seguintes etapas:

- Ajustamento das estações da rede clássica e GPS em SIRGAS, injuncionado nas estações da RBMC / SIRGAS;
- Implantar estrutura de armazenamento e organização das coordenadas e respectivas precisões em SAD69 e SIRGAS;
- Implantar estrutura de acesso gratuito ao BDG via Internet;
- Fornecimento e divulgação ostensiva da metodologia e dos parâmetros de transformação para conversão de coordenadas.

7.5 EXPLORAR PROCEDIMENTOS DE TRANSFORMAÇÃO DE COORDENADAS

Procedimentos e ferramentas de transformação precisarão ser imediatamente desenvolvidos, considerando que no período de transição as instituições estarão trabalhando em ambos referenciais. Neste sentido as iniciativas a serem tomadas são:

- Divulgação de parâmetros oficiais de transformação SIRGAS / SAD69;

- Desenvolvimento de estudos e pesquisas com o objetivo de estabelecer métodos de transformação em diferentes níveis de precisão, considerando que a precisão está atrelada às informações envolvidas e à modelagem matemática aplicada na transformação;
- Desenvolvimento de programa de transformação de coordenadas, com manual de utilização e disponível gratuitamente para os usuários.

Sugere-se que o desenvolvimento das pesquisas contem com a colaboração e apoio de todos os segmentos envolvidos, seja no desenvolvimento de metodologia ou na disponibilização de dados e recursos, notadamente no meio acadêmico.

7.6 MODELO DE ONDULAÇÕES GEOIDAIIS PARA REFERENCIAL GEOCÊNTRICO

As estações cujas coordenadas são estabelecidas por GPS possuem a componente altimétrica referida à superfície do elipsóide. Entretanto, no Brasil a superfície de referência altimétrica é o geóide, que, em uma primeira aproximação, coincide com o nível médio dos mares. Sendo assim, haverá a necessidade do desenvolvimento de um novo modelo de ondulações geoidais referidas ao SIRGAS, visando a obtenção das altitudes ortométricas a partir das altitudes elipsoidais SIRGAS.

7.7 CONSIDERAR OS EFEITOS DA GEODINÂMICA

A crosta terrestre é segmentada em diversas partes que recebem a denominação de placas litosféricas. Em decorrência de aspectos geodinâmicos, estas placas se movem continuamente em diferentes direções com diferentes magnitudes, de acordo com a região em que estão localizadas. Como consequência deste movimento, as coordenadas geodésicas de um ponto sobre uma das placas na crosta terrestre depende da época na qual a informação foi obtida. Se estes elementos (magnitude e direção) forem conhecidos pode-se determinar a variação das coordenadas dos pontos localizados sobre as placas.

O movimento tectônico na superfície da Terra é aparente em sistemas de referência, tal como o SIRGAS, devido à precisão com que as coordenadas são determinadas. Deste modo, será necessário estabelecer uma opção para o gerenciamento dos efeitos geodinâmicos. A opção sugerida com este propósito é :

- Definir uma época de referência para o SIRGAS no Brasil. Periodicamente será feita uma revisão das coordenadas e, se necessário, uma atualização de seus valores no BDG. Considerando que a variação não afetará as informações tais como mapas, nestes será mantida a época original do sistema na sua adoção. Deverão ser estimadas velocidades e/ou parâmetros de transformação, com o objetivo de compatibilizar uma futura revisão do SIRGAS com informações referidas à sua época original.

7.8 DEFINIR UMA ÉPOCA DE REFERÊNCIA PARA AS COORDENADAS SIRGAS

Para remover este efeito da geodinâmica nas coordenadas das estações, deve-se adotar uma época de referência. O sistema e época de referência sugeridos são os da primeira realização SIRGAS, ITRF94 época 1995,4.

7.9 DEFINIR O MODELO DE ATUALIZAÇÃO DAS COORDENADAS SIRGAS

Na medida em que a precisão das determinações geodésicas atinge o nível milimétrico/centimétrico, com o uso das técnicas espaciais no posicionamento geodésico, as coordenadas das estações passaram a ser dependentes do tempo. Sendo assim, deve-se considerar suas variações, as quais são decorrentes de deformações que se manifestam na superfície da Terra. Esta relação de dependência das coordenadas com o tempo é representada pelos modelos de deformação da superfície terrestre.

A variação temporal das coordenadas pode ser obtida através dos modelos geofísicos de movimento de placas, como por exemplo o modelo NNR-NUVEL 1A, o qual é baseado apenas em informações geológicas e fundamentado na teoria da tectônica de placas (a qual considera a variação de coordenadas com o tempo em caráter linear). A variação temporal também pode ser obtida através de métodos geodésicos de posicionamento, determinando-se continuamente as coordenadas das estações. O conjunto de estações que compõem a RBMC possibilitam a obtenção diária das coordenadas, proporcionando o acompanhamento do movimento temporal da posição destas estações, consistindo, assim, em uma estrutura geodésica de concepção dinâmica. A análise da variação temporal das coordenadas das estações da RBMC através do processamento de seus dados GPS em um *software* científico fornece um tratamento mais refinado ao cálculo do vetor velocidade para as estações envolvidas. Com este objetivo, propõe-se que o modelo de velocidades a ser utilizado na atualização das coordenadas referidas ao SIRGAS no Brasil seja aquele estimado através das estações da RBMC.

7.10 ESTABELEÇER PERÍODOS DE ATUALIZAÇÃO DAS COORDENADAS NO BDG

Conforme abordado anteriormente, as coordenadas sofrerão revisão quando for verificada uma variação considerável, ou seja, quando as diferenças forem maiores que, pelo menos, os valores de precisão com as quais foram estimadas.

Em uma avaliação preliminar das velocidades [Costa, 1999], utilizando-se dados da RBMC de 75 dias entre os anos 1997 a 1999, constatou-se que as variações seriam em média da ordem de 2 cm ao ano (vide tabela e), assumindo-se um desvio padrão para as coordenadas da ordem de 10 cm, estima-se que o BDG sofrerá atualizações a cada 5 anos, o que não seria operacionalmente vantajoso para 95% das aplicações.

Tabela e . Velocidades estimadas para as estações da RBMC – período 1997 a 1999.

ESTAÇÃO	V _x (m/ano)	V _y (m/ano)	V _z (m/ano)
UEPP	-0,0014	-0,0103	0,0176
BOMJ	-0,0019	-0,0092	0,0208
FORT	-0,0039	-0,0072	0,0211
MANA	-0,0043	-0,0040	0,0234
BRAZ	-0,0015	-0,0089	0,0196
PARA	-0,0004	-0,0119	0,0184
CUIB	-0,0022	-0,0081	0,0199
VICO	-0,0022	-0,0126	0,0183
IMPZ	-0,0042	-0,0067	0,0219

Propõe-se a criação de um banco de dados denominado de “operacional”, o qual conterá um conjunto de coordenadas de “longa vida” que atenderá 95% das aplicações que requerem coordenadas. Paralelamente, será criado um outro banco de dados denominado de “científico”, no

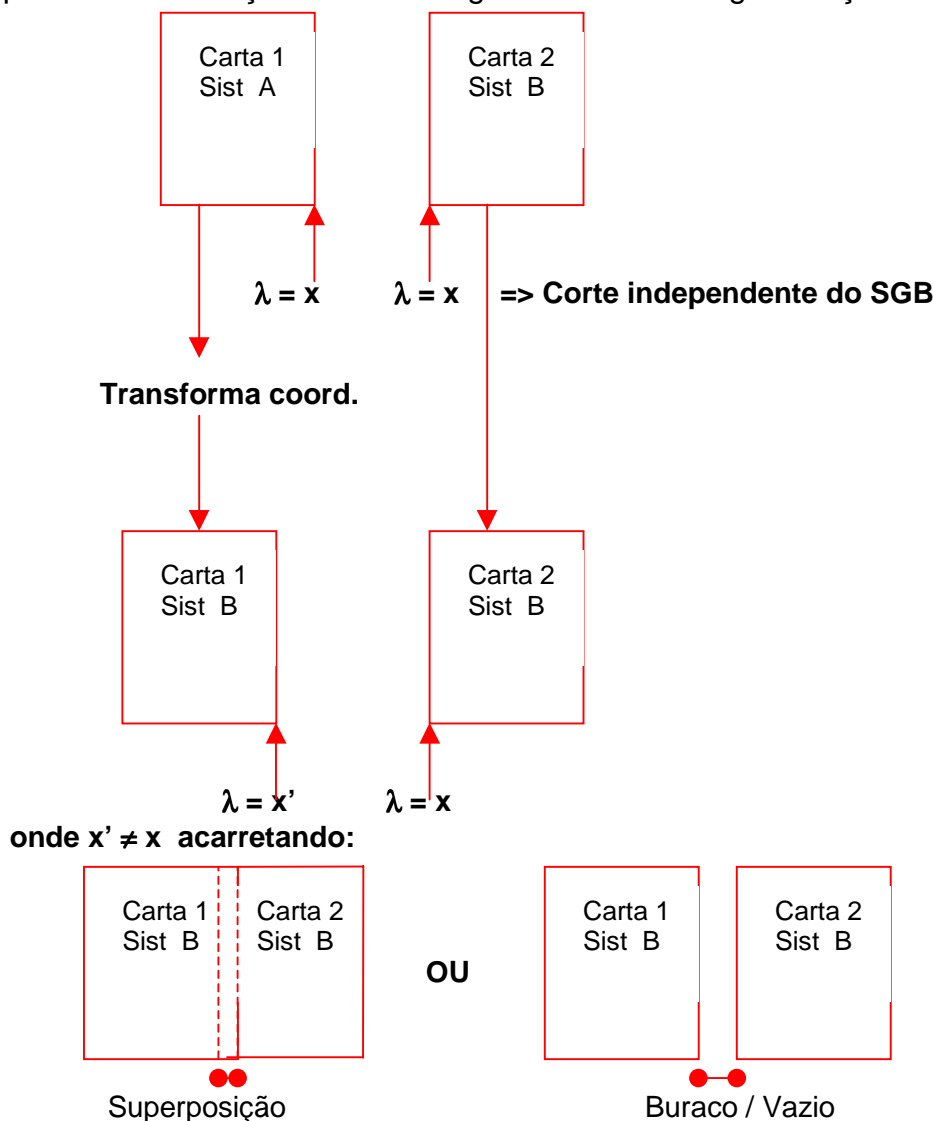
estarão armazenadas todas as realizações / tempo real, em atendimento as demandas das universidades e instituições, no desenvolvimento de pesquisas.

8 . ELABORAÇÃO DE NOVA LEGISLAÇÃO

Nova legislação precisará ser elaborada no sentido de orientar os usuários no intercâmbio de informações espaciais. A elaboração da nova documentação estará a cargo da CONCAR – Comissão de Cartografia, apoiada pelos produtores e usuários da geodésia e cartografia nacional.

9. ANÁLISES DOS IMPACTOS NA CARTOGRAFIA

A conversão para SIRGAS será notável nas informações georeferenciadas, como por exemplo mapas e bases digitais. Com a adoção de um referencial geocêntrico, a projeção, bem como as características de um documento cartográfico, permanecerão os mesmos. Na realidade os recortes do Sistema Cartográfico Nacional (SCN) não serão alterados, visto terem conotação puramente geográfica. O impacto deste deslocamento será mais significativo em mapas de grandes escalas (por exemplo, 1:5000), comparados aos de pequenas escalas (por exemplo, 1:100000). O esquema abaixo mostra os impactos no mapeamento topográfico existente após a transformação de sistema geodésico e homogeneização de referencial.



Para o mapeamento sistemático, os deslocamentos entre SAD69 e SIRGAS são traduzidas na tabela *f*, segundo a escala da carta.

Tabela f - Efeito da mudança de coordenadas - 65 metros, em diferentes escalas do mapeamento sistemático.

ESCALA 1:	Deslocamento em mm
1000000	0,065
500000	0,13
250000	0,26
100000	0,65
50000	1,30
25000	2,60
10000	6,5
5000	13,0
2000	32,5
1000	65,0

As Figuras *g* e *h* apresentam os deslocamentos horizontais nas cartas em Córrego Alegre na escala 1:1000 000, enquanto as figuras *i* e *j* apresentam os deslocamentos horizontais nas cartas em SAD69.

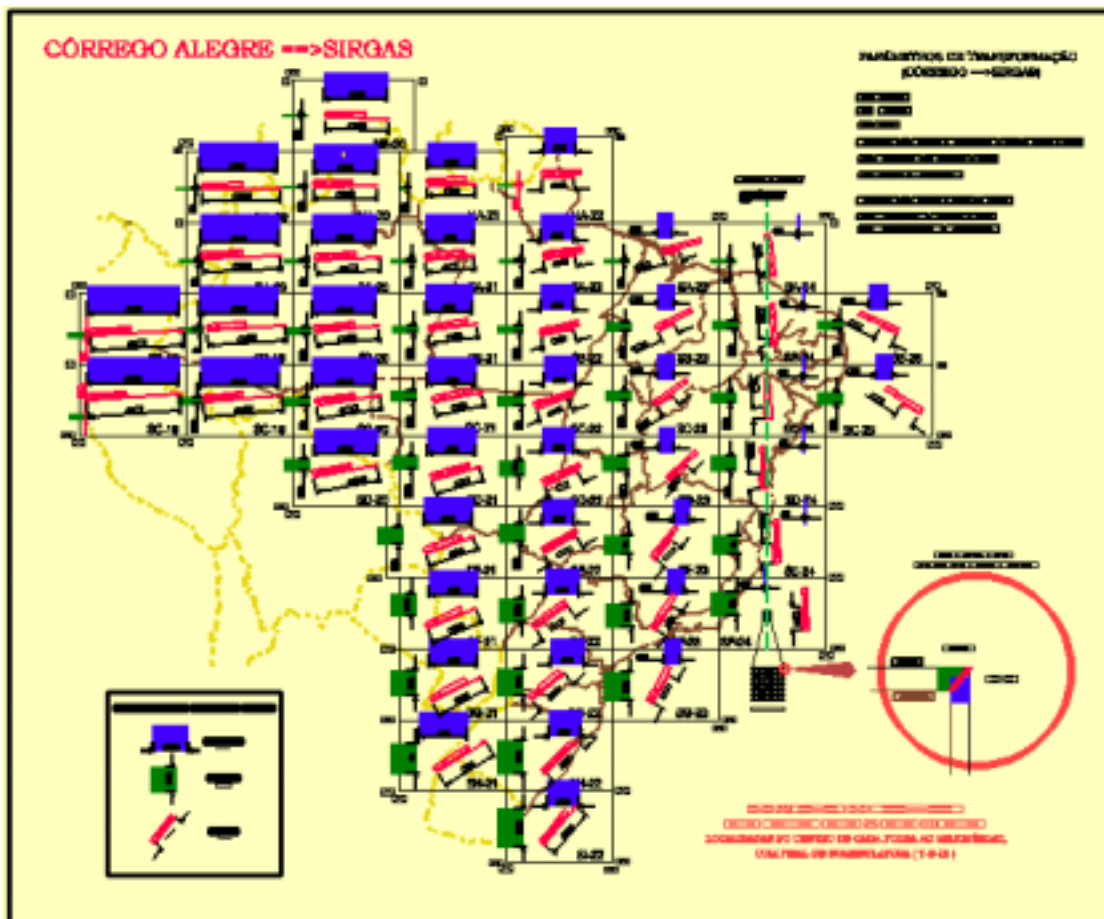


Figura g . Comportamento do deslocamento horizontal entre cartas Córrego Alegre e SIRGAS.



Figura h . Comportamento do deslocamento horizontal entre cartas Córrego Alegre e SIRGAS -Detalhe

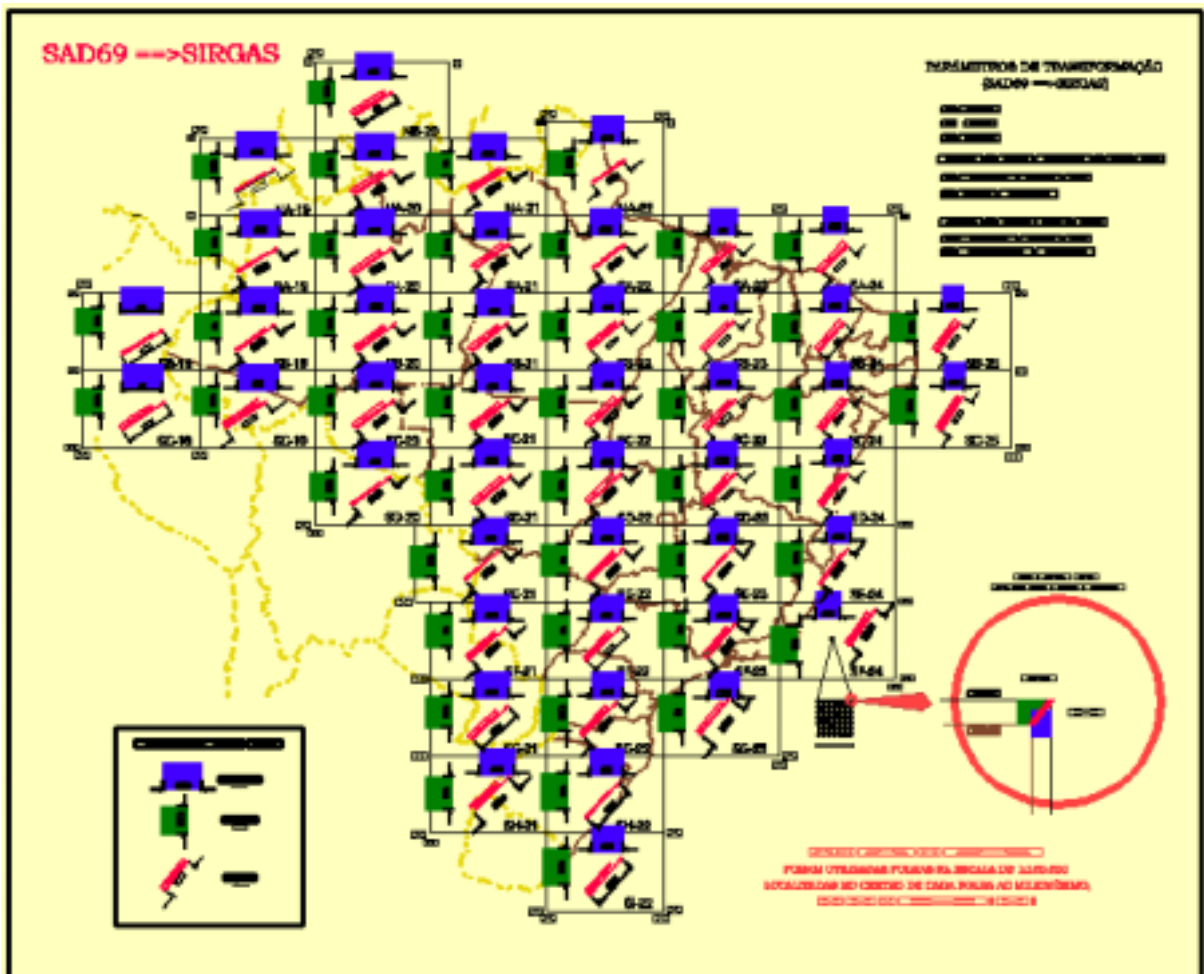


Figura i . Comportamento do deslocamento horizontal entre cartas SAD69 e SIRGAS.

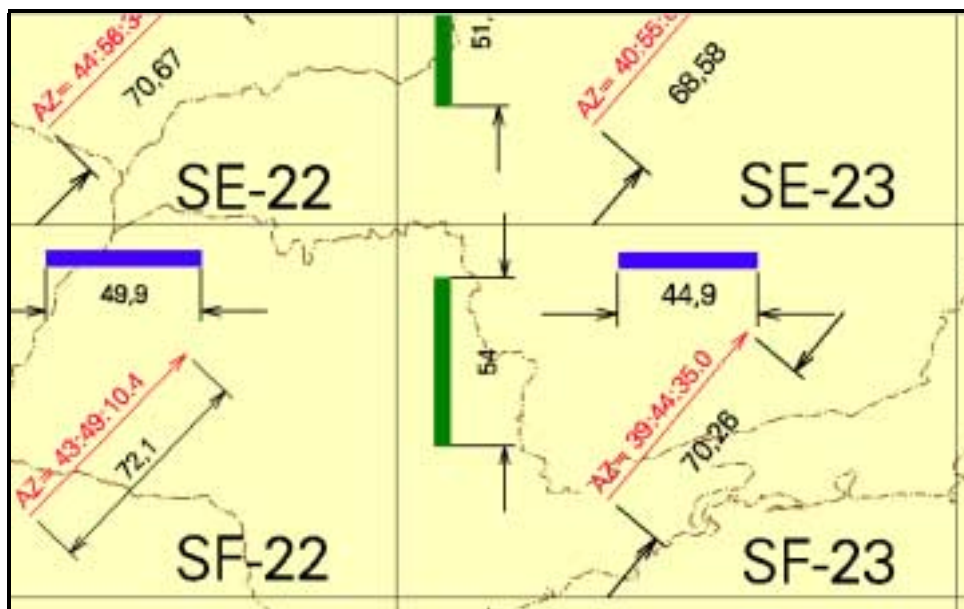


Figura j . Comportamento do deslocamento horizontal entre cartas SAD69 e SIRGAS - Detalhe

Em termos informativos segue o quantitativo de cartas produzidas nos referenciais usados ao longo da produção cartográfica de mapas e cartas:

Córrego Alegre

Escala 1:	Quantitativo de cartas
1000 000	46 (6 encartadas)
100 000	1115
50 000	1262
250 000	320
25 000	148
	Total: 2891

SAD69

Escala 1:	Quantitativo de cartas
100 000	963
50 000	313
250 000	397
25 000	240
	Total: 1913

9.1 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS DE INTEGRAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO CARTOGRÁFICA NO PROCESSO DE MIGRAÇÃO PARA O NOVO REFERENCIAL

Como uma das primeiras etapas a serem cumpridas no plano de migração está a conversão dos mapas e bases analógicas para o meio digital. O requisito no inter-relacionamento de informações espaciais de diferentes categorias de informação / temas, através de um SIG é o uso comum de um sistema de referência.

Esta avaliação servirá como ponto decisivo na questão de converter toda cartografia para SIRGAS, ou manter SAD69 e desenvolver ferramentas que compatibilizarão as informações obtidas por GPS com a documentação cartográfica existente. Cabe-se também avaliar onde este procedimento será aplicável.

9.2 ORIENTAÇÃO QUANTO À UTILIZAÇÃO E DISSEMINAÇÃO DOS DOCUMENTOS CARTOGRÁFICOS ANALÓGICOS

Durante o período transitório, poderão ser exploradas várias formas de combinar mapas em diferentes referenciais, sendo elas:

- Introdução de uma quadrícula adicional que mostre a posição dos meridianos e paralelos calculados em SIRGAS. Os cantos das folhas são inalterados;
- Introdução somente das marcas nos cruzamentos das quadrículas calculadas em SIRGAS;
- Adicionar na legenda dos mapas existentes, uma advertência (carimbo) contendo as seguintes informações conforme cada caso:

Caso 1 – Documento cartográfico analógico sem versão digital.

Se não houver impacto significativo na escala da carta, deve-se fornecer um carimbo informando que o referido documento pode ser assumido, em termos práticos, como SIRGAS, este carimbo deve conter o semi-eixo maior e o achatamento do novo sistema (SIRGAS).

Se houver um impacto significativo na escala da carta, deve-se fornecer um “overlay” do novo sistema e carimbo sobre a necessidade de sua utilização, fornecendo as características do novo sistema; ou então o fornecimento dos deslocamentos das coordenadas.

INFORMAÇÃO IMPORTANTE

Este mapa foi produzido originalmente em Datum Sul Americano 1969 (ou Córrego Alegre). Para sua utilização no Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul (SIRGAS) deverão ser observados os deslocamentos horizontais definidos abaixo.

As altitudes permanecem referidas ao Datum Vertical de Imbituba.

DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS PARA CONVERSÃO DE SAD69 (ou Córrego Alegre) PARA SIRGAS

Subtração na latitude de XX.XX segundos
Subtração na longitude de XX.XX segundos
Adição na coordenada Norte de XXX metros
Adição na coordenada Este de XXX metros

Para a maioria das aplicações práticas, as coordenadas referidas ao SIRGAS e as derivadas de GPS, baseadas no WGS84, podem ser consideradas as mesmas.

Caso 2 – Documento cartográfico produzido originalmente em ambiente digital convertido para o novo sistema geocêntrico.

- a) Se fornecido em meio digital, deve-se efetivar a conversão e carimbo com características do novo referencial e parâmetros de conversão.
- b) Se fornecido em meio analógico, deve-se plotar a carta com o canevas do novo referencial, contendo carimbo com características do novo referencial e parâmetros de conversão.

INFORMAÇÃO IMPORTANTE

Este documento foi convertido do Sistema de Referência SAD69 (ou Córrego Alegre) para o Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul (SIRGAS).

Parâmetros de conversão ou transformação:

Dx =

Dy =

Dz =

Características dos Elipsóides:

GRS67: a =

1/f =

GRS80: a =

1/f =

As altitudes são referidas ao Datum Vertical de Imbituba.

Para a maioria dos propósitos práticos, as coordenadas SIRGAS e as derivadas de GPS, baseadas em World Geodetic Datum WGS84, são as mesmas:

Caso 3 – Documento cartográfico analógico com versão digital.

- a) Se fornecido em meio digital, deve-se efetivar a conversão e carimbo como no caso 2;
- b) Se fornecido em meio analógico, deve-se plotar a carta com o caneová do novo referencial.

INFORMAÇÃO IMPORTANTE

Este documento foi convertido do Sistema de Referência SAD69 (ou Córrego Alegre) para o Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul (SIRGAS).

Parâmetros de conversão:

Dx

Dy

Dz

Características dos Elipsóides:

GRS67: a =

1/f =

GRS80: a =

1/f =

As altitudes são referidas ao Datum Vertical de Imbituba.

O caneová /reticulado do Sistema de Projeção UTM está referenciado ao Sistema SIRGAS.

Para a maioria dos propósitos práticos, as coordenadas SIRGAS e as derivadas de GPS, baseadas em World Geodetic Datum WGS84, são as mesmas:

Caso 4 – Documento produzido no novo Sistema de Referência Geocêntrico.

- Adicionar na legenda dos novos mapas elaborados em referencial geocêntrico, a seguinte observação:

INFORMAÇÃO IMPORTANTE

Este mapa foi produzido no Sistema de Referência Geocêntrico para a América do Sul (SIRGAS).

As altitudes são referidas ao Datum Vertical de Imbituba.

Para a maioria das aplicações práticas, as coordenadas referidas ao SIRGAS e as derivadas de GPS, baseadas no WGS84, podem ser consideradas as mesmas.

10. CONSIDERAÇÕES QUANTO A ATUALIZAÇÃO CARTOGRÁFICA

A confecção de um novo mapeamento para um país com as dimensões do Brasil requer grandes investimentos consumindo tempo e recursos financeiros não disponíveis numa sociedade carente de educação, saúde, saneamento básico, dentre outras.

Sabedores da importância da Cartografia para a infra-estrutura básica da nação, a alternativa mais razoável é se atualizar a Cartografia existente, cuja a idade média é de duas décadas. O projeto de atualização cartográfica, em curso no IBGE, objetiva atualizar planimetricamente as cartas existentes por meio do uso de imagens de sensoriamento remoto e de determinações GPS.

De um modo geral, as imagens de satélite são geocodificadas no referencial WGS 84. A metodologia empregada no referido projeto, para a escala 1:250 000, está consubstanciada na geocodificação de imagens SPOT e LANDSAT com auxílio de imagens de radar ERS. Estes insumos são fornecidos no referencial WGS 84 e não requerendo pontos de controle.

Por outro lado, cresce o uso dos georreceptores GPS topográficos e navegadores na atualização cartográfica, principalmente após a retirada da degradação por SA. Normalmente as atividades inerentes à atualização se dá de forma descentralizada e por técnicos com conhecimentos básicos, não especializados. Observa-se uma tendência para a utilização do WGS 84 nos levantamentos topográficos, por ser este o referencial suportado como o padrão nos equipamentos GPS.

Considerando-se que as diferenças entre os sistemas/redes ITRS/ITRF e o WGS 84, na prática serem consideradas insignificantes para o mapeamento em escala topográfica. Tem-se a seguinte questão: Quais os requisitos/referências geodésico-cartográficas deverão ser normalizados para a atualização de documentos cartográficos em escala topográfica?

11. CONTRIBUIÇÃO DO IBGE NO PROCESSO DE MIGRAÇÃO

Uma das principais atribuições do IBGE na área da geodésia é a responsabilidade no estabelecimento e manutenção do SGB. Na cartografia, juntamente com a DSG, é responsável pelo Mapeamento Sistemático Nacional. Sendo assim, a tarefa do IBGE é fornecer informações espaciais que serão utilizadas por toda comunidade, em atendimento aos padrões atuais de precisão. O IBGE não atua somente promovendo e recomendando normas e padrões nacionais para um posicionamento preciso, mas também o faz ativamente disponibilizando aos usuários a infra-estrutura e produtos necessários.

Considerando a abrangência da proposta de mudança para um novo referencial e a missão do IBGE perante a comunidade, poderão ser exploradas tarefas a curto e médio prazo no processo de migração. A curto prazo

- Orientar a comunidade quanto à necessidade de uma mudança no referencial, através da elaboração de manuais explicativos;
- Coordenar grupos de pesquisa que irão colaborar no processo de migração;

- Disponibilizar coordenadas SIRGAS para as estações das redes clássica e GPS do SGB;
- Disponibilizar um modelo geoidal para ser utilizado com SIRGAS;
- Fornecer parâmetros de transformação SIRGAS / SAD69;
- Fornecer programa oficial para transformar coordenadas entre referenciais antigos e SIRGAS e vice-versa;
- Informar nos documentos cartográficos em meio digital, através de legenda, as diferenças entre as componentes horizontais do SIRGAS e SAD69, SIRGAS e Córrego Alegre, ou SIRGAS e SAD69 – realização 1996; dependendo do sistema de referência original da carta.

Como informações disponibilizadas a médio prazo, tem-se:

- Disponibilizar programa de transformação de coordenadas considerando as diferentes materializações do SAD69;
- Atualizar as normas e especificações para levantamentos GPS;
- Disponibilizar as informações do BDG gratuitamente, via Internet;
- Disponibilizar os dados da RBMC gratuitamente, via Internet;

12. CRONOGRAMA

Atividades	Ano 2001	Ano 2003	Ano 2005	Ano 2007	Ano 2009
Orientar a comunidade quanto à necessidade de uma mudança no referencial, através da elaboração de manuais explicativos					
Coordenar grupos de pesquisa que irão colaborar no processo de migração					
Disponibilizar coordenadas SIRGAS para as estações das redes clássica e GPS do SGB					
Disponibilizar um modelo geoidal para ser utilizado com SAD69 e SIRGAS					
Fornecer parâmetros de transformação SIRGAS / SAD69					
Informar nos documentos cartográficos em meio digital as diferenças componentes horizontais SIRGAS e SAD69, ou SIRGAS e Córrego Alegre; dependendo do sistema de referência original do mapa					
Densificação da RBMC, priorizando as áreas de desenvolvimento econômico					
Disponibilizar programa de transformação de coordenadas considerando as diferentes materializações do SAD69					
Atualizar as normas e especificações para levantamentos GPS					
Disponibilizar as informações do BDG "operacional" gratuitamente, via Internet					
Disponibilizar os dados da RBMC gratuitamente, via Internet					
Avaliar a conversão de mapas para meio digital					

13. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os esforços do IBGE se concentram em proporcionar o referencial mais atual para a representação das informações georeferenciadas no país.

Consciente dos problemas encontrados e visando a manutenção da precisão dos levantamentos, espera-se uma mobilização por parte da comunidade usuária e geradora de produtos georeferenciados no sentido de se adotar um SGR compatível com a tecnologia atual.

A mudança para um novo sistema de referência é um processo lento, sendo necessário um período de transição, associado à aceitação e adoção por parte dos usuários. Com isso a intenção do IBGE é cada vez mais fortalecer os vínculos de cooperação com os usuários.

Finalmente, é necessário considerar outro fator vital para a adoção do SIRGAS: os usuários. Na verdade, o que determina a vigência de qualquer SGR é a sua utilização, por este motivo é indispensável a sua promoção e aceitação por parte daqueles que fundamentam seu trabalho na informação georeferenciada.

14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fortes, L. P. S.; Luz, R. T.; Pereira, K. D.; Costa, S. M. A. & Blitzkow, D. *The Brazilian Network for Continuous Monitoring of GPS (RBMC): Operation And Products*. Advances in Positioning and Reference Frames, International Association of Geodesy Symposia, Vol. 118, pp. 73-78. Spring-Verlag. Alemanha, 1998.
- Slater, J. A. and Malys, S. *WGS84 – Past, Present and Future*. Advances in Positioning and Reference Frames, International Association of Geodesy Symposia, Vol. 118, pp. 1-7. Spring-Verlag. Alemanha, 1998.
- Costa, S.M.; Fortes L.P.S.. *Resultados Preliminares do Ajustamento da Rede Planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro*, Rio de Janeiro, 1993.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Ajustamento da Rede Planimétrica do Sistema Geodésico Brasileiro - Relatório*, Rio de Janeiro, 1996.
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *SIRGAS - Relatório Final*, IAG97 Rio de Janeiro, 1997.
- IGS – International GPS Service. 1998 Technical Reports, novembro, 1999.
- NIMA - National Imagery and Mapping Agency, Department of Defense World Geodetic System 1984, NIMA TR 8350.2, Third Edition, 171p., 1997.
- Swift, E.. *Improved WGS84 Coordinates for DMA and Air Force GPS Tracking Sites*, Proceedings of ION-94. The Seventh International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, Salt Lake City, 1994 , pp.285-292.
- Costa, S.M.. *Integração da Rede Geodésica Brasileira aos Sistemas de Referência Terrestres*, tese de doutorado, UFPR, Curitiba, 1999.