PRIMEIRO ANO DE ATIVIDADES DO CENTRO DE PROCESSAMENTO SIRGAS – IBGE

Sônia Maria Alves Costa
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE
Departamento de Geodésia
Av. Brasil 15671, CEP : 21241-051, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
e-mail: sonia.alves@ibge.gov.br

Alberto Luis da Silva
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE
Departamento de Geodésia
Av. Brasil 15671, CEP : 21241-051, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
e-mail: alberto.luis@ibge.gov.br

Gabriel Neves Lago
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE
Departamento de Geodésia
Av. Brasil 15671, CEP : 21241-051, Rio de Janeiro, RJ, Brasil
e-mail: gabriel.lago@ibge.gov.br

RESUMO

Este trabalho relata as atuais atividades do IBGE como Centro de Processamento da Rede GPS permanente do Projeto SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas). Desde o ano 2003, após a divulgação dos resultados da campanha SIRGAS2000, as instituições que colaboram com o Projeto SIRGAS tem discutido a manutenção do Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas do Sul e Central, consistente com o ITRF e propor o estabelecimento de Centros de Processamento, responsáveis pela coleta e processamento dos dados das estações permanentes. O objetivo do Projeto SIRGAS no futuro é colaborar com o Centro de Análise da Rede Regional do IGS (RNAAC) da América do Sul (SIR).

O processamento tem sido realizado pelo IBGE desde o ano 2005, usando o software Bernese no modo automático, conhecido por Bernese Processing Engine (BPE). No início eram processados dados de 30 estações, atualmente são processadas 67 estações, sendo 66 localizadas na América do Sul e 1 na Antártica. A perspectiva é que até o final de 2007 este número deva aumentar para aproximadamente 80 estações com as novas estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo do Sistema GPS (RBMC) em operação.

Além do IBGE, existem mais quatro Centros de Processamento da Rede GPS SIRGAS: Universidade Nacional de La Plata – UNLP (Argentina); Instituto Nacional de Estatística, Geografía e Informática - INEGI (México); Instituto Geográfico Agustin Codazzi – IGAC (Colômbia) e o Instituto Geográfico Militar da Argentina (IGM). Os resultados obtidos por cada um dos centros são comparados e combinados gerando um resultado único.

Neste trabalho são apresentadas as estratégias adotadas no processamento usando o software Bernese, bem como informações relevantes no desenvolvimento desta atividade. Os resultados são avaliados e comparados com as soluções fornecidas por outras instituições, tais como Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut (DGFI), Centro de Processamento de La Plata (CPLAT) e International GNSS Service (IGS). Gráficos sobre a série temporal das coordenadas serão apresentados e analisados, bem como os resultados da comparação entre as soluções dos centros que participam desta atividade.

Palavras chaves: Rede Regional, Processamento GPS, SIRGAS.

ABSTRACT

This paper reports the present status of efforts of IBGE as a Processing Center for SIRGAS (South American Geocentric Reference System) permanent network. Since 2003, after the results of SIRGAS2000 Campaign, SIRGAS

Project member institutions have been discussing the maintenance of a geocentric reference system for South and Central America consistent with ITRF, and propose the establishment of Processing Centers responsible to collect and process data from permanent stations in South and Central America. The goal of SIRGAS Project in the future is to collaborate with IGS Regional Network Associate Analysis Center (RNAAC) SIR (South America).

The Processing has been carried out by the IBGE since 2005, using the Bernese GPS Software's BPE- (Bernese Processing Engine). At the beginning, 30 stations were processed, at present we are working with 67 stations, 66 being located in the South America and 1 in the Antarctic, and the perspective for 2007 is to increase this number to 80 with the new RBMC stations.

Beyond the IBGE, four more Centers of Processing of the SIRGAS GPS Frame exist: Universidade Nacional de La Plata – UNLP (Argentina); Instituto Nacional de Estatística, Geografía e Informática - INEGI (Mexico); Instituto Geográfico Agustin Codazzi – IGAC (Colombia) and Instituto Geográfico Militar da Argentina (IGM). The results obtained by each one of the centers are compared and combined generating unique result.

This paper presents the processing strategy applied by using the Bernese software, as well as relevant information for the development of activities. Results are evaluated and compared to solutions provided by other institutions, DGFI, CPLAT and IGS. Plots of time series of some stations will be shown and analyzed as well as results form comparison between solutions of Processing Centers that participate of this activity.

Keywords: Regional Network, GPS Processing, SIRGAS

Formatado: Português (Brasil)

1 INTRODUÇÃO

Durante muito tempo, a determinação da posição de um local era realizada pura e simplesmente através de suas coordenadas, não havendo a preocupação com a época em que essa coordenada foi determinada. Coordenadas invariantes ao longo do tempo são características de sistemas de referências clássicas como por exemplo, o SAD69. Com a adoção oficial do SIRGAS –Sistema de Referência Geocêntrico para as AméricaS– como sistema de referência geodésico no Brasil (R.PR – 1/2005), o fator tempo passou a ser uma informação necessária juntamente com as coordenadas na determinação da posição de um local. O aumento da precisão, modernização e a popularização do posicionamento através do sistema GPS, foram fatores que incentivaram a adoção de sistemas geocêntricos, e consequentemente a possibilidade de se determinar a componente temporal quando se utiliza o SIRGAS, sistema compatível com a precisão obtida pelos métodos de posicionamento atuais (SIRGAS, 1997).

A proposta de adoção de um sistema de referência geocêntrico e suas características dinâmicas, foi o principal motivo para o desenvolvimento de um estudo geodinâmico, baseado em observações GPS e realizado pelo IGS – *International GNSS Service* –, mostrando a capacidade com que esse sistema tem em determinar movimentos que ocorrem nas placas litosféricas, intra-placas, entre outros. Diferentes trabalhos utilizaram as observações GPS no monitoramento de placas litosféricas, dentre as quais cita-se: PEREZ (2002), COSTA (2001), entre outros.

Com a finalidade de fornecer a manutenção do SIRGAS, processamentos contínuos das estações permanentes GPS são realizadas pelos centros de processamentos sul-americanos, com o objetivo de monitorar a variação temporal das coordenadas dessas estações, assim como a qualidade dos dados disponibilizados para a densificação dessa rede. Além disso, outros produtos como arquivos de velocidade, ionosfera, troposfera, entre outros, podem ser gerados e disponibilizados para que sejam utilizados pela comunidade SIRGAS e usuários GPS no Brasil.

Em dezembro de 2004, na cidade de Aguascalientes no México, durante a reunião do Projeto SIRGAS, foi proposto o estabelecimento de centros de processamento das estações permanentes GPS localizadas nas Américas do Sul e Central. Neste encontro três centros de processamentos foram identificados: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE no Brasil, Universidade Nacional de La Plata - UNLP da Argentina e Instituto Nacional de Estatística, Geografia e Informática – INEGI do México. Todos estes centros, realizariam a mesma tarefa que era realizada até então apenas pelo Deutsches Geodätisches Forschungsinstitut – DGFI, instituto alemão responsável pelo processamento da rede regional IGS sul-americana desde 1996 (SEEMÜLLER et al., 2004). Em agosto de 2006 no Rio de Janeiro, houve um novo encontro onde definiu-se mais dois Centros de Processamentos: Instituto Geográfico Militar da Argentina – IGM e Instituto Geográfico Agustin Codazi – IGAC da Colômbia. Nesse mesmo encontro no Rio de Janeiro, foi estabelecido uma padronização no processamento a ser realizado pelos cinco centros piloto e que os resultados fossem disponibilizados três semanas após a obtenção

dos dados GPS . Além do DGFI, a Universidade de La Plata e o IBGE, também são responsáveis pela combinação e comparação das soluções geradas por todos os centros de processamento, sendo o DGFI a instituição oficialmente responsável perante o IGS pela solução da Rede Regional na América do Sul, a qual recebe a denominação de RNAAC SIR (SEEMÜLLER et al., 2004).

2 REDE GPS PROCESSADA PELO CPIBGE

Desde o início das atividades do Centro de Processamento do IBGE – CPIBGE em janeiro de 2003 (semana GPS 1199) até os dias atuais, várias estações contínuas localizadas na América do Sul já foram desativadas, atualizadas e implantadas. Alguns fenômenos naturais como terremotos, descargas elétricas, assim como problemas com o equipamento, contribuíram para que essas estações não permanecessem no processamento ao longo do tempo. Estações localizadas nas regiões andinas como Bogotá – BOGT, Arequipa – AREQ, sofrem muito problemas com terremotos, os quais vem a ocasionar a desativação da estação. Em regiões Amazônicas estações sofrem influências das descargas elétricas, danificando o receptor e a antena.

No encontro do Projeto SIRGAS em agosto de 2006, ficou estabelecido que cada Centro de Processamento será responsável pelo cálculo das estações localizadas em uma determinada região, havendo a exigência de que os dados de uma estação regional deverão ser processados por, pelo menos 2 centros de processamento diferentes. O CPIBGE processa além das estações localizadas na América do Sul, uma estação localizada na Estação Comandante Ferraz na Antártica denominada EACF, estação essa pertencente à Universidade de São Paulo – USP, além da estação pertencente ao Equador, localizada nas ilhas Galápagos – GLPS.

Em julho de 2007 (semana GPS 1434) o Centro de Processamento do IBGE estava trabalhando com 67 estações conforme apresentado na figura 1. Com a modernização da RBMC, está previsto que essa rede permanente GPS aumente ainda mais, chegando à possibilidade de ter aproximadamente 80 estações até o final do ano de 2007.

3 INFORMAÇÕES DAS ESTAÇÕES

Entre agosto de 2004 (semana GPS 1285) e julho de 2007 (semana GPS 1434), o Centro de Processamento do IBGE trabalhou com 67 estações

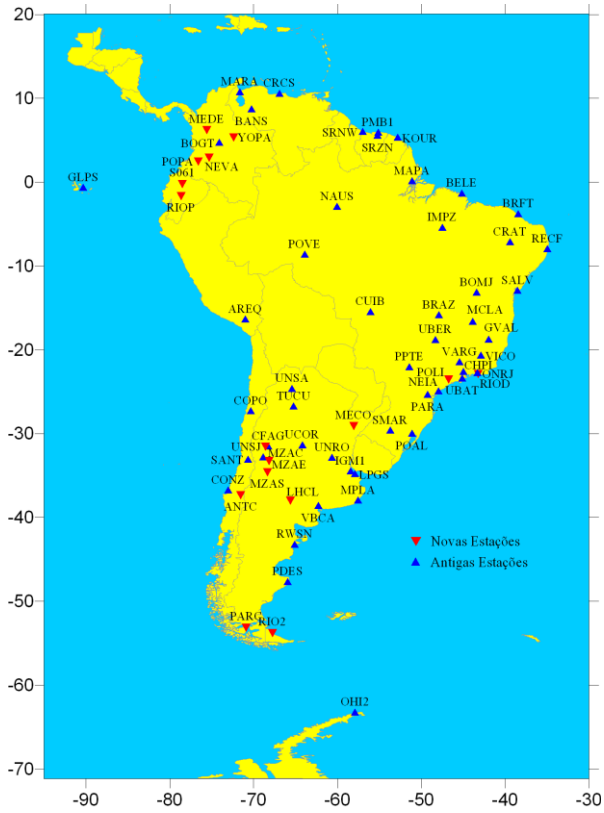


Fig. 1: Rede GPS Permanente SIRGAS processada atualmente pelo CPIBGE

GPS, dentre elas, algumas tiveram problemas de conexão ou de coleta, troca de equipamentos, o que ocasionaram perda de arquivos. Por isso, algumas estações apresentaram pouca quantidade de dados diários ao longo do período citado acima. Exemplos dessas estações são; CRAT, BELE, POAL, entre outras. Além disso, outras estações passaram a ser utilizadas recentemente, caso de ONRJ, UNSJ, MEDE, NEVA, POPA e YOPA. A figura 2 apresenta em percentual a quantidade de arquivos diários utilizados entre as semanas GPS 1285 e 1434.

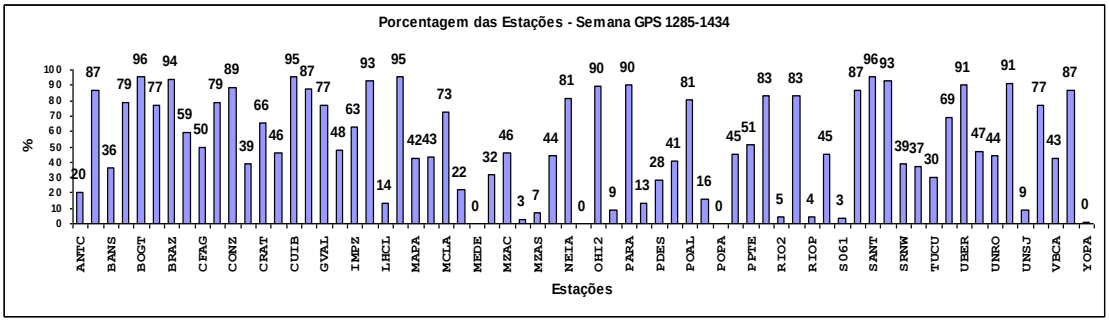


Fig. 2 – Percentual de estações utilizadas entre as semanas GPS 1285 e 1434

Os dados da maioria das estações são disponibilizados através de servidores FTP, facilitando o desenvolvimento de programas de transferências de dados e a automatização na sua obtenção. Algumas estações ainda são disponibilizadas através da internet o quê dificulta o acesso e a transferências desses dados.

Como não há um contato direto com a maioria das estações utilizadas no processamento, as instituições responsáveis pelas estações, são obrigadas a informar qualquer eventual mudança que ocorra na estação, como desativação da mesma, troca do receptor e/ou antena e problemas na conexão. Essas informações são repassadas através de uma caixa de correio eletrônico, denominado SIRMAIL, criado com o objetivo de informar qualquer notícia referente às estações que pertencem a Rede permanente SIRGAS.

Freqüentemente, novas estações são inseridas no processamento realizado pelo CPIBGE, isso graças ao bom relacionamento entre o IBGE e os representantes de outras instituições espalhadas pela América do Sul. Alguns países como por exemplo a Colômbia, comercializam seus dados GPS para os usuários internos, dificultando assim o uso das observações GPS pelos centro de processamento SIRGAS. Mesmo assim, desde a semana GPS 1433 estão sendo processadas além da estação BOGT, mais quatro estações GPS na Colômbia: MEDE, NEVA, POPA e YOPA.

A figura 3 apresenta a distribuição das estações utilizadas pelo CPIBGE em função da localização por países.

4 ESTRATÉGIA DE PROCESSAMENTO

O CPIBGE, assim como os Centros de Processamento da UNLP, IGAC e INEGI utilizam o *software* de processamento Bernese, desenvolvido pela Universidade de Berna na Suíça (Hugentobler U. et al.,2006). Apenas o IGM da Argentina utiliza outro

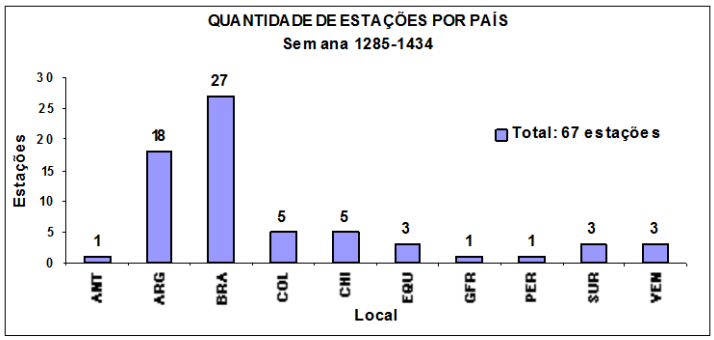


Fig. 3 – Quantidade de estações por localidade entre as semanas GPS 1285 e 1434

software, o GAMIT, desenvolvido pelo MIT – *Massachusetts Institute of Technology* –, o qual realiza o processamento pelo método relativo apenas, diferentemente do Bernese que processa tanto utilizando o método absoluto quanto relativo. A tabela 1 mostra a estratégia utilizada pelo CPIBGE, assim como os arquivos necessários para o processamento das observações GPS.

O processamento das observações é realizado duas semanas após a sua coleta, isso porque as órbitas utilizadas, são as órbitas precisas finais IGS que só estão disponíveis 14 dias após a data correspondente. O resultado gerado por cada um dos centros de processamentos são disponibilizados para o DGFI até a 3ª semana após as observações terem sido realizadas, o quê vem sendo cumprido por todos os centros de processamentos com exceção do IGM que ainda não disponibilizaram seus resultados.

Cada centro de processamento gera resultados diários, e semanais. Esses resultados semanais são disponibilizados para o DGFI, e este tem a tarefa de combinar as soluções de cada centro gerando um resultado semanal único, que será utilizado posteriormente em um ajustamento global.

TABELA 1 – ESTRATÉGIA DE PROCESSAMENTO UTILIZADA PELO CPIBGE

Data do Processamento:	Semana 1199 até 1400	Após a semana 1400
Observações:	Dupla Diferença	Dupla Diferença
Software usado:	Bernese 5.0 (Bernese Processing Engine - BPE)	Bernese 5.0 (BPE)
Taxa de coleta:	30 segundos	30 segundos
Ângulo de Elevação:	10º	03º
Estratégia de Linha de Base:	SHORTEST (linhas de base mais curtas)	SHORTEST
Órbita/EOP (Earth Orientation Parameters):	IGS final - ITRF2000/IGb00 EOP semanal	IGS final - IGS05 EOP semanal
Modelo de Troposfera a priori:	Niell (componente seca)	Niell (componente seca)
Troposfera:	O atraso troposférico no zenite é calculados a cada 2 horas (12 correções diárias por estação) Os erros *a priori* são estimados através do modelo de Niel (componente úmida), o primeiro parâmetro (absoluto) +/- 5 m e (relativo) +/- 5 cm.	O atraso troposférico no zenite é calculados a cada 2 horas (12 correções diárias por estação) Os erros *a priori* são estimados através do modelo de Niel (componente úmida), o primeiro parâmetro (absoluto) +/- 5 m e (relativo) +/- 5 cm.
Ambigüidades:	QIF estratégia com GIM do CODE	QIF estratégia com GIM do CODE
Modelo de Carga Oceânica:	GOT00.2	FES2004
Variação de Centro de Fase:	Absoluto (IGS_05) e Relativo	Absoluto (IGS_05)
Coordenadas e Velocidades:	IGSb00	IGS05_R
Soluções Diárias:	Injunção mínima nas coordenadas da estação BRAZ (σ=±1mm) Arquivos de saída: SINEX Mapas de troposfera	Todas as estações injuncionadas (σ=±1m) Arquivos de saída: SINEX Mapas de troposfera
Soluções Semanais:	4 estações IGS - (BRAZ, LPGS, UNSA and SANT) são usadas como injunção na solução semanal (σ=±1mm) Arquivos de saída: SINEX	Todas as estações injuncionadas (σ=±1m) Arquivos de saída: SINEX

Formatado: Inglês (Estados Unidos)
Formatado: Inglês (Estados Unidos)
Formatado: Português (Brasil)
Formatado: Português (Brasil)
Formatado: Português (Brasil)
Formatado: Português (Brasil)
Formatado: Português (Brasil)
Formatado: Português (Brasil)
Formatado: Português (Brasil)
Formatado: Português (Brasil)

5 RESULTADOS

Realizado de forma sistemática, o processamento das observações obtidas nas estações permanentes, além de permitir um controle de qualidade dos dados de cada uma das estações, tem como principal característica, a determinação de suas coordenadas ao longo do tempo, e com isso a possibilidade de realizar uma análise do seu comportamento temporal. Abaixo, estão relacionados alguns dos resultados que são obtidos pelo CPIBGE do processamento contínuo dos dados GPS.

- Coordenadas diárias para cada uma das estações;
- Coordenadas semanais para cada uma das estações;
- Arquivos de equações normais;
- Comparação dos resultados com os centros de processamento CPLAT e DGFI;
- Gráficos do comportamento temporal de cada uma das estações processadas;
- Determinação da velocidade para cada estação da rede permanente SIRGAS.

Como forma de avaliar os resultados gerados pelo CPIBGE, as soluções semanais são comparadas com as soluções semanais geradas pelos outros Centros de Processamentos. A figura 4 apresenta o erro médio quadrático - EMQ encontrado quando se compara a solução IBG gerada pelo IBGE com as soluções determinadas pelo CPLAT (CPL) e DGFI (DGF), entre as semanas GPS 1395 e 1423. Essa comparação é realizada através dos arquivos de coordenadas semanais determinados por cada um dos centros de processamentos. Os resultados encontrados em ambos os centros estão em conformidade ao nível milimétrico.

Os gráficos do comportamento temporal de cada estação, são gerados através da obtenção contínua (diária/semanal) de sua posição. O monitoramento das coordenadas pode detectar a ocorrência de alterações na estrutura da estação, abalos gerados por terremotos, além de um comportamento local devido a geomorfologia da região.

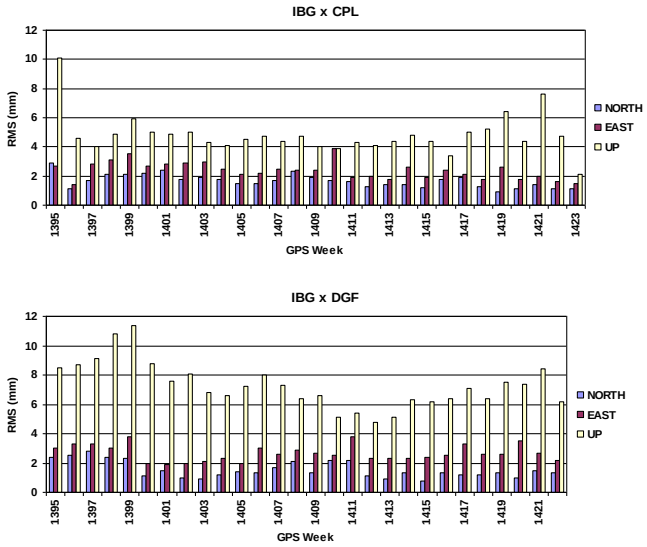


Fig. 4 – EMQ da comparação entre as soluções IBG x CPL (acima) e IBG x DGF (abaixo)

A figura 5 apresenta o comportamento temporal da estação BRAZ localizada em Brasília, a qual se encontra sobre a Placa Tectônica Sul-americana. Observa-se nesta figura que a componente norte dessa estação está se movimentando na direção

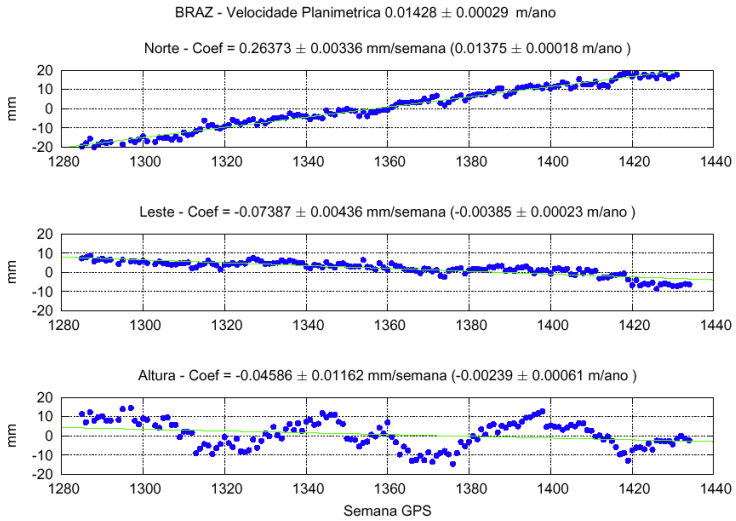


Fig. 5 – Comportamento temporal da estação BRAZ

sul-norte a uma velocidade de aproximadamente 0,014 m/ano, enquanto que a componente leste na direção leste-oeste a uma velocidade de aproximadamente –0,004 m/ano, ou seja, a estação BRAZ está se deslocando com muito mais intensidade na direção norte. Isso é uma característica de todas as estações localizadas sobre o lado do Oceano Atlântico, apresentando valores próximos aos que foram determinados para BRAZ.

direção sul-norte. Esse comportamento diferente para essa estação, com relação à maioria das estações brasileiras, está no fato de que ela está localizada no lado Pacífico, região onde sofre uma grande influência da placa litosférica de Nascar, sobre a placa Sul Americana. A fig. 7 apresenta a divisão das placas litosféricas.

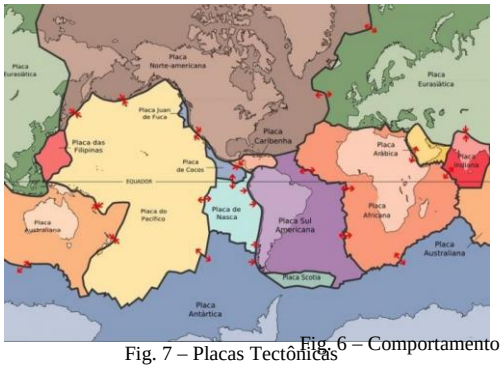


Fig. 7 – Placas Tectônicas

Além da estação SANT, outras estações processadas pelo CPIBGE como CONZ, AREQ, BOGT, entre outras, possuem comportamentos diferentes daquelas apresentadas pela maioria das estações brasileiras e argentinas. Todas essas são estações localizadas no lado do Oceano Pacífico. Como as estações brasileiras e argentinas estão em regiões da placa Sul Americana que sofrem pouca influência sísmica consideradas regiões estáveis, o comportamento temporal apresentado por essas estações são semelhantes.

A metodologia aplicada na determinação da velocidade planimétrica de cada estação, baseia-se na condição de linearidade do movimento das placas. Essa condição também é utilizada em modelos geofísicos de movimento de placas, como por exemplo o modelo NNR-NUVEL 1A (Demelts et al., 1990), (Demelts et al, 1994), 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) (Drewes, 1982). A tabela 2 apresenta a velocidade planimétrica aproximada de algumas estações.

O comportamento temporal da estação SANT localizada em Santiago no Chile é representado na figura 6. Ao contrário do que foi observado na estação BRAZ, a estação SANT se desloca no sentido oeste-leste com uma velocidade de aproximadamente 0,020 m/ano, ou seja, bem acima daquela apresentada pela estação BRAZ, e praticamente com a mesma velocidade que a componente norte, que se desloca com a velocidade de aproximadamente 0,016 m/ano na

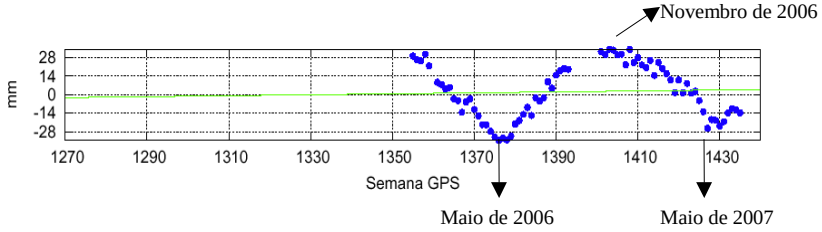
Excluído: <sp>

TABELA 2 – VELOCIDADE DAS ESTAÇÕES

	EST.	VN	VE	VNE
		m/ano		
BRA	BELE	0.015	-0.004	0.015
	BOMJ	0.014	-0.003	0.015
	BRAZ	0.014	-0.004	0.014
	CUIB	0.014	-0.003	0.015
	GVAL	0.014	-0.003	0.014
	IMPZ	0.015	-0.004	0.015
	MCLA	0.013	-0.001	0.013
	PARA	0.013	-0.002	0.013
	POAL	0.011	-0.002	0.012
	POVE	0.015	-0.003	0.015
	PPTE	0.013	-0.001	0.013
	RECF	0.014	-0.001	0.014
	RIOD	0.013	-0.003	0.013
	SALV	0.013	-0.001	0.013
	SMAR	0.012	-0.001	0.012
	VICO	0.014	-0.002	0.014
ARG	CFAG	0.011	0.006	0.012
	CORD	0.014	0.001	0.014
	IGMJ	0.012	-0.001	0.012
	LPGS	0.011	0.000	0.011
	MZAC	0.013	0.001	0.015
	PARC	0.002	0.010	0.010
	PDES	0.012	-0.005	0.013
	RIOG	0.011	0.002	0.011
	UNRO	0.012	0.001	0.012
	UNSA	0.012	0.005	0.013

Fig. 6 – Comportamento temporal da estação SANT

Embora os melhores resultados apresentados pelo GPS sejam na componente planimétrica, estudos mostram sua utilidade também na determinação da componente altimétrica, e seu comportamento temporal. A comparação dos resultados altimétricos determinados pelo GPS e por outras técnicas podem auxiliar no monitoramento altimétrico de determinado fenômeno. A figura 8 apresenta o comportamento temporal da estação NAUS, localizada em Manaus. Apesar do pequeno período de dados, o comportamento altimétrico dessa estação mostra a relação entre o período de cheia do Rio Amazonas, e a



altitude da estação. Essa relação, já havia sido demonstrada em BEVIS et al.; 2005. À medida em que aumenta o volume de água do rio Amazonas, a estação NAUS sofre um deslocamento vertical negativo de aproximadamente 6 cm quando comparado com a época em que o rio está com volume de água baixo.

6 TRABALHOS FUTUROS

Como uma das atividades futuras, o CPIBGE tem a intenção de gerar mapas de ionosfera determinados a partir do processamento das estações permanentes SIRGAS. Esses mapas contribuirão com os usuários de receptores de uma freqüência, os quais necessitam dessas informações para resolver as ambigüidades e determinar a posição com uma boa qualidade, assim como para receptores de dupla freqüência que queiram utilizar um mapa de ionosfera regional, visto que a maioria dos mapas disponibilizados são globais, não representando de forma significativa a ionosfera na região de interesse.

7 CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que os vetores velocidade nas estações da RBMC, possuem uma magnitude média de 1,4 cm/ano.

Os resultados determinados pelo CPIBGE ainda são uma primeira amostra do que pode ser estimado em termos de comportamento temporal das estações e conseqüentemente da placa sul americana. Vários outros estudos serão realizados com o objetivo de monitorar as estações permanentes SIRGAS, garantindo a manutenção desse sistema. Por hora podemos afirmar que os resultados encontrados pelo CPIBGE são precisos e que estão compatíveis com os resultados determinados pelos outros centros de processamento.

Apesar dos resultados encontrados para as velocidades das estações estarem de acordo com os valores determinados por outros estudos (PEREZ, 2002; COSTA, 2001) já realizados, torna-se necessário dispor de um período maior de observações GPS, ou seja, quanto mais longo for o período, mais confiáveis serão os resultados. Alguns pesquisadores consideram o período de 5 anos apropriado para iniciar estudos de Geodinâmica (COSTA, 1999). Com este propósito, pretende-se dar continuidade ao processamento das observações da rede permanente SIRGAS e a avaliação das velocidades.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

– Bevis, M., Alsdorf, D., Kendrick, E., Fortes, L.P., Forsberg, B., Smalley Jr. R., Becker, J.; Seasonal fluctuations in the mass of the Amazon River system and Earth's elastic response, Geophysical Research Letters, Vol. 32, 2005.

– Costa, S.M.A.. Estimativa do Campo de Velocidade a partir das Estações da RBMC, Congresso Brasileiro de Cartografia, Porto Alegre, 2001.

– Costa, S.M.A.. Integração da Rede Geodésica Brasileira aos Sistemas de Referência Terrestres, tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná – UFPR, 1999.

– Costa, S.M.A. e Fonseca Júnior, E.S. *Results of SIRGAS 2000 GPS Network by IBGE Analysis Center*. *Scientific Assembly of the International Association of Geodesy* (IAG) - Budapeste, Hungria, 2001.

– Demelts, C. et al. Current plate motions. Geophysical Journal Int., n° 101, pp. 425-478, 1990.

– Demelts, C. et al.. Effect of recent revisions to the geomagmetic reversal time scale on estimates of current plate motions. Geophysical Research Letters, vol. 21, n° 20, pp. 2191-2194, 1994.

– Drewes, H.. A Geodetic Approach for the Recovery of Global Kinematic Plate Parameters, Bulletin Geodesique, n°56, pp. 70-79, 1982.

– Hugentobler U. et al.; Bernese GPS Software Version 5.0. Astronomical Institute University of Berne, Berne, 2006.

– Perez, J.A.S.. Campo de Velocidade para as Estações da RBMC e do IGS Localizadas na Placa Sul-Americana: Estimativa A partir do Processamento de Dados GPS. Universidade Estadual Paulista - UNESP, Presidente Prudente, SP, 2002.

– R. PR – 1/2005, Resolução do Presidente do IBGE N° 1/2005 – Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro – www.ibge.gov.br (acessado em 02/08/2007).

– SIRGAS, Relatório Final – Grupos de Trabalho I e II, IBGE 1997.

Fig. 3 Comportamento temporal altimétrico da estação NAUS

Formatado: Inglês (Estados Unidos)

Formatado: Inglês (Estados Unidos)

Formatado: Inglês (Estados Unidos)

Formatado: Inglês (Estados Unidos)

Formatado: Inglês (Estados Unidos)