

Normas e especificações para levantamentos GPS

IBGE- DGC - Coordenação de Geodésia

IBGE- UE/SC – Gerência de Geodésia e Cartografia

Conteúdo

- Introdução:
 - Sistema GPS, GNSS;
- Técnicas de posicionamento:
 - Posicionamento por ponto, relativo, DGPS e RTK em rede;
- Planejamento para os levantamentos:
 - Seleção do local, seleção do equipamento, escolha da estação de referência, geometria da rede, observações de campo
- Processamento das observações e integração ao SGB:
 - Coordenadas preliminares, efemérides dos satélites, erros nas observáveis, processamento das observações, integração ao SGB e obtenção da altitude ortométrica

Introdução

- Atualização da Norma publicada em 1992;
- Motivação:
 - Popularização e modernização do GPS;
 - Desenvolvimento de novos sistemas de posicionamento;
 - Experiência adquirida.
- Objetivo:
 - fornecer elementos básicos para a comunidade cartográfica.

Sistema GPS

Fonte	Erro
Satélite	Atraso entre as duas portadoras no hardware do satélite
	Erro de órbita
	Erro do relógio
	Relatividade
Propagação do sinal	Refração troposférica
	Refração ionosférica
	Perdas de ciclos
	Rotação da terra
	Multicaminho
Receptor/antena	Erro do relógio
	Erro entre os canais
	Centro de fase da antena
Estação	Erro nas coordenadas
	Multicaminho
	Marés terrestres
	Movimento do pólo
	Cargas oceânicas
	Pressão atmosférica

Modernização do GPS

(1/2)

- Desativação da SA

Posição	Precisão com SA (m)	Precisão sem SA (m)
Horizontal	100	20
Vertical	140	30

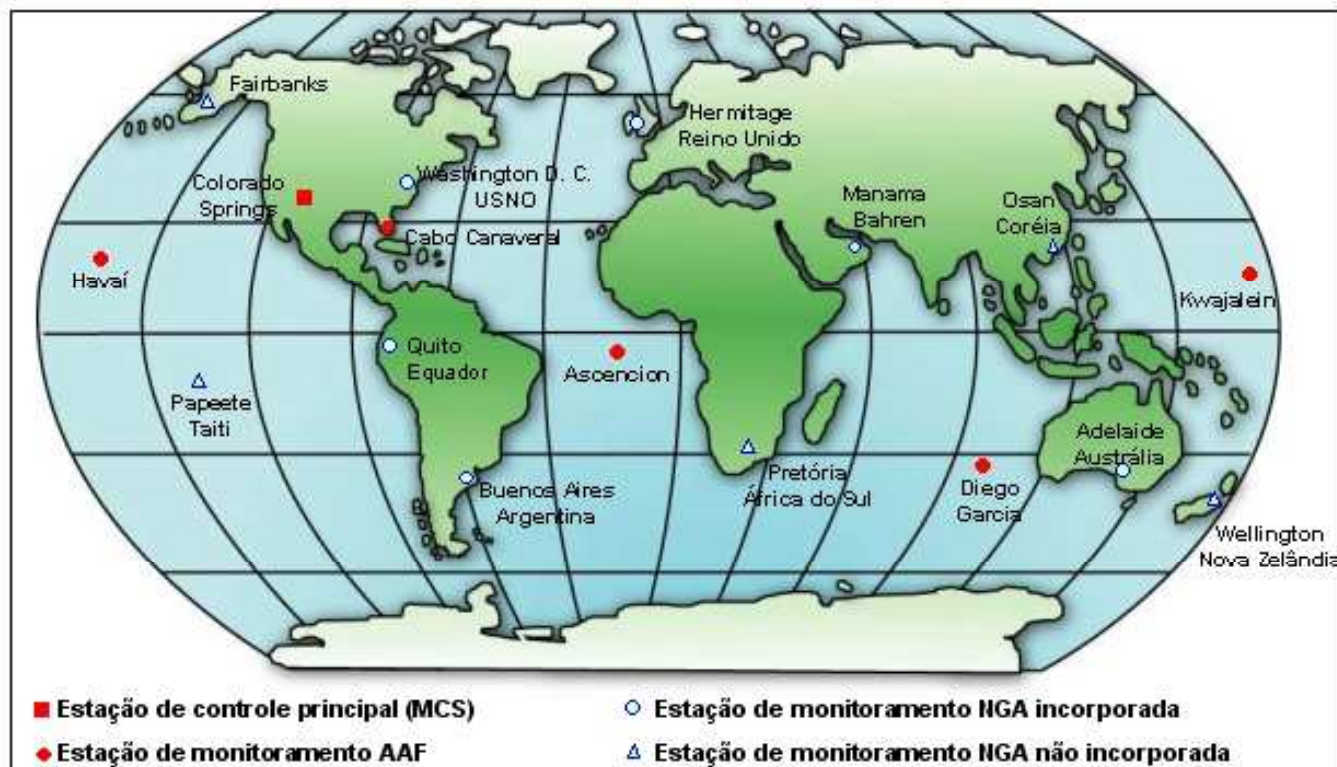
nível de confiança de 95%

- Novas Observações

Observação \ Bloco		IIR	IIR-M	IIF	III
Freq.	Código				
L1	C/A	X	X	X	X
	P	X	X	X	X
	L1C				X
L2	P	X	X	X	X
	L2C		X	X	X
L5	I5			X	X
	Q5			X	X

Modernização do GPS

(2/2)



GNSS

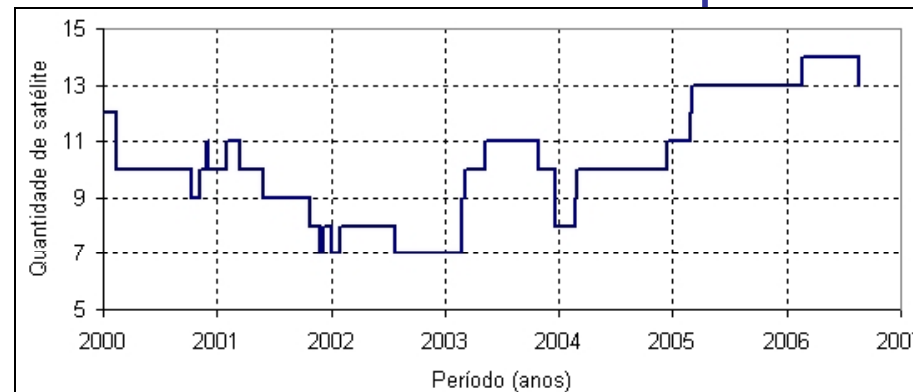
(1/3)

- Inicialmente (GNSS1):
 - GPS+GBAS+SBAS:
 - GBAS - pseudosatélites;
 - SBAS - Egnos (europa) e WAAS (EUA).
- Atualmente (GNSS2):
 - GNSS1+GLONASS + Galileo

GNSS

(2/3)

- GLONASS
 - Estrutura similar à do GPS;
 - Não se encontra totalmente operacional;



- Modernização:
 - Satélites GLONASS-M;
 - Satélites GLONASS-K;
 - PZ-90;
 - segmento de controle.

GNSS

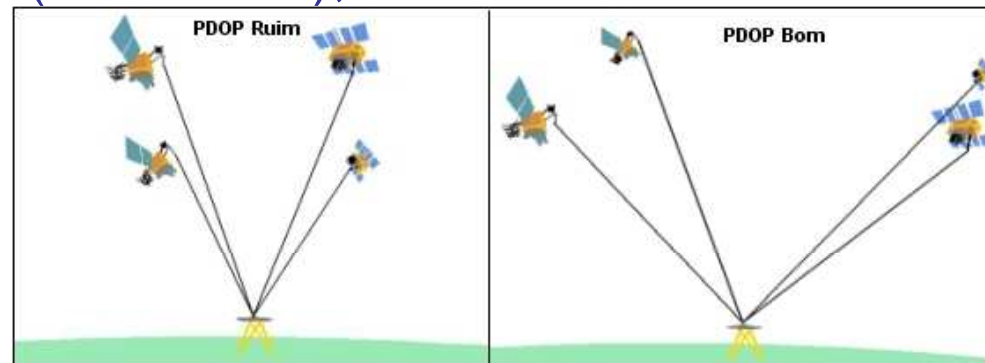
(3/3)

- Galileo
 - Estrutura similar à do GPS;
 - Encontra-se na fase de teste em órbita:
 - 1º satélite experimental lançado em 12/2005.
 - 5 Serviços:
 - Serviço Aberto;
 - Serviço de salvamento de vida;
 - Serviço Comercial;
 - Serviço de público regulamentado;
 - Serviço de procura e resgate

Técnicas de Posicionamento

(1/3)

- Posicionamento por ponto
 - Coordenadas determinadas com relação ao centro de massa da Terra (efemérides);



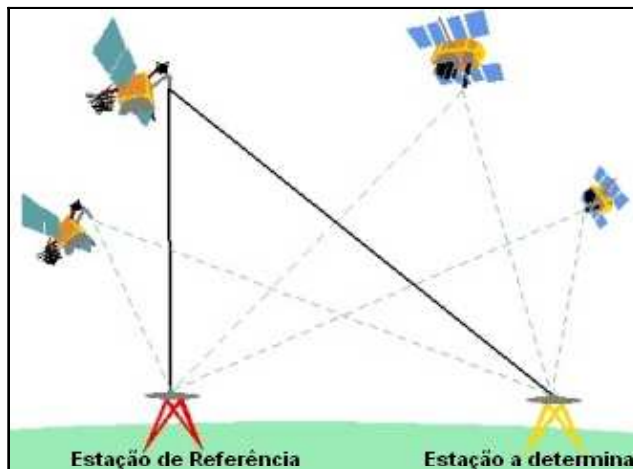
- Posicionamento por ponto Convencional
 - Disponibilidade = tempo-real;
 - Pseudodistância (C/A) de pelo menos 4 satélites;
 - Os erros remanescentes não são modelados.
- PPP
 - fase (L1 e L2);
 - efemérides precisas;
 - modelagem da atmosfera.

Técnicas de Posicionamento

(2/3)

- Posicionamento relativo

- coordenadas determinadas com relação a pelo menos uma estação de referência;
- diferenças entre observações recebidas simultaneamente;



- alta precisão - muito utilizado nos levantamentos geodésicos;

- observações:

- Dupla diferença da fase;
- Tripla diferença da fase (perda de ciclo);

- Tipos de posicionamento relativo:

- Estático;
- Estático-rápido;
- semicinemático;
- cinemático - pós-processado / RTK => RTCM;

Técnicas de Posicionamento

(3/3)

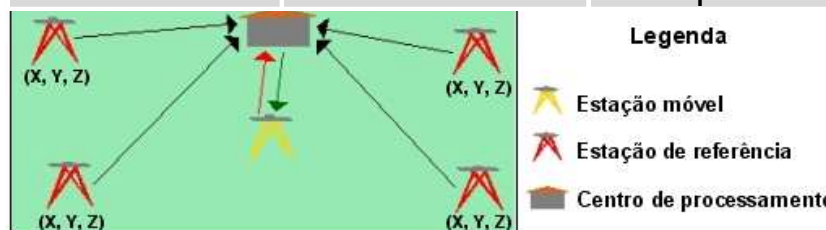
- DGPS

– Pseudodistância

- RTK em rede

– Fase

Técnica		Observação	Precisão (nível de confiança de 68,2 %)
Por ponto	Convencional	Pseudodistância	15,3 m
	Preciso	Pseudodistância e fase	0,02 m
Relativo	Estático	DD pseudodistância e fase	0,1 a 1 ppm
	Estático-rápido	DD pseudodistância e fase	1 a 10 ppm
	Semicinemático	DD pseudodistância e fase	1 a 10 ppm
	Cinemático	DD pseudodistância e fase	1 a 10 ppm
	RTK	DD pseudodistância e fase	1 a 10 ppm
DGPS	Convencional	Pseudodistância	1 a 3 m
	WDGPS	Pseudodistância	2 a 10 m
RTK em rede	Correções	DD pseudodistância e fase	cm
	VRS	DD pseudodistância e fase	cm



Planejamento

(1/6)

- Seleção do local:
 - fácil acesso;
 - livre de obstáculos que possam obstruir os sinais;
 - raio de 50 m sem obstáculos artificiais para evitar multicaminho;
 - evitar locais próximos a estações de transmissão de microondas e outras que possam interferir nos sinais GPS;
 - estável;
 - disponibilidade de satélites (gráfico de PDOP).
- Materialização => “Padronização de marcos” - norma de serviço nº 001/2006 => www.ibge.gov.br

Planejamento

(2/6)

- Seleção e preparação do equipamento:
 - Escolha do equipamento:

Precisão requerida	DISTÂNCIA			
	< 10 km	10 km – 40 km	40 km a 100 km	> 100 km
Decamétrico ou pior	Navegação*	Navegação*	Navegação*	Navegação*
Sub-métrico ou pior	Topográfico	Topográfico	Geodésico	Geodésico
Decimétrico ou pior	Topográfico	Geodésico	Geodésico	Geodésico
Centimétrico ou melhor	Topográfico	Geodésico	Geodésico	Geodésico

- Preparação:
 - máscara de elevação;
 - DOP máximo;
 - desconsiderar satélites com mal funcionamento;
 - biblioteca de feições.

Planejamento

(3/6)

- Escolha das estações de referência:
 - RBMC ou Rede GPS Estadual de Alta Precisão;
 - consulta ao BDG do SGB => www.ibge.gov.br;
 - pelo menos 3 estações de referência;
 - RBMC:
 - verificar funcionamento das estações;
 - observar intervalo de coleta.
 - Rede GPS Estadual de Alta Precisão:
 - planejar utilização de estações reserva;
 - reconhecimento prévio.

Planejamento

(4/6)

- Geometria da rede:
 - Conexão a estações de controle existentes:
 - utilizar 3 estações de controle.
 - Conexão entre estações novas:
 - utilizar 3 estações (novas ou de controle);
 - realizar mais de uma sessão independentes:
 - identificação de erro grosseiro.
 - Pelo menos uma linha de base comum entre as sessões
 - análise de variação de escala e orientação.
 - Figuras fechadas com lados de sessões independentes.

Planejamento

(5/6)

- Observações de campo:
 - Estacionamento da antena:
 - uma das principais fontes de erro;
 - realizar mais de uma sessão para identificar erros.
 - Duração do rastreo:

Precisão requerida	DISTÂNCIA			
	< 10 km	10 km – 40 km	40 km a 100 km	> 100 km
Centimétrica	40min	1h a 1h20min	2hs	2hs + 1h para cada 100km adicional

- Taxa de observação:
 - 15 s => adequada para levantamentos estáticos;
 - taxas menores => levantamentos cinemáticos.

Planejamento

(6/6)

- Observações de campo:
 - Dados meteorológicos:
 - Temperatura e pressão;
 - menor importância em levantamentos locais e regionais;
 - necessário em linhas de base mais longas que 100 km.
 - Anotações de campo:
 - Formulário padrão IBGE.
 - Avaliação da precisão:
 - avaliação dos equipamentos em uma rede de teste;
 - especificação dos fabricantes:
 - feita, geralmente, para o hemisfério norte;
 - condições ideais.

Processamento

(1/6)

- Utilização de modelos matemáticos:
 - Integram: {
 - observação: pseudodistância ou fase da onda portadora;
 - informações do satélite: posição e erro do relógio
 - Possibilitam determinar: {
 - posição tridimensional da estação;
 - outros parâmetros (atmosfera);
 - qualidade dos parâmetros.
- Realizado com softwares apropriados:
 - pós-processado ou tempo real.
- Formato
 - RINEX
- Sistema de Referência:
 - Posicionamentos: absoluto, relativo;
 - SIRGAS-2000, SAD-69, WGS-84, PZ-90.

Processamento

(2/6)

- Coordenadas preliminares:
 - Posicionamento por ponto: sistema definido pelas efemérides;
 - efemérides transmitidas:
 - GPS = WGS-84;
 - GLONASS = PZ-90.
 - efemérides precisas IGS - ITRF-YYYY.
 - Posicionamento relativo: influência do sistema definido pelas efemérides e do sistema definido pela estação de referência.
 - WGS-84 x SIRGAS2000

Processamento

(3/6)

- Efemérides

- GPS:

Efemérides de Satélites GPS	Acurácia	Latência	Atualização	Intervalo de Amostra
Transmitida	~160 cm	Tempo real	-	Diário
Ultra-Rápida (metade predita)	~10 cm	Tempo real	Quatro vezes diária	15 minutos
Ultra-Rápida (metade observada)	<5 cm	3 horas	Quatro vezes diária	15 minutos
Rápida	<5 cm	17 horas	Diária	15 minutos
Final	<5 cm	~13 dias	Semanal	15 minutos

- GLONASS:

- Transmitidas

Componente do Erro	Erro Médio Quadrático (RMS)			
	Coordenadas Preditas (m)		Velocidade (cm/s)	
	GLONASS	GLONASS-M	GLONASS	GLONASS-M
Componente ao longo do caminamento	20	7	0,05	0,03
Componente transversal do caminamento	10	7	0,1	0,03
Componente Radial	5	1,5	0,3	0,2

- Precisas

Efemérides de Satélites GLONASS	Acurácia	Latência	Atualização	Intervalo de Amostra
Final	~15 cm	2 semanas	semanal	15 minutos

http://igscb.jpl.nasa.gov/components/prods_cb.html

Processamento

(4/6)

- Erros nas observáveis

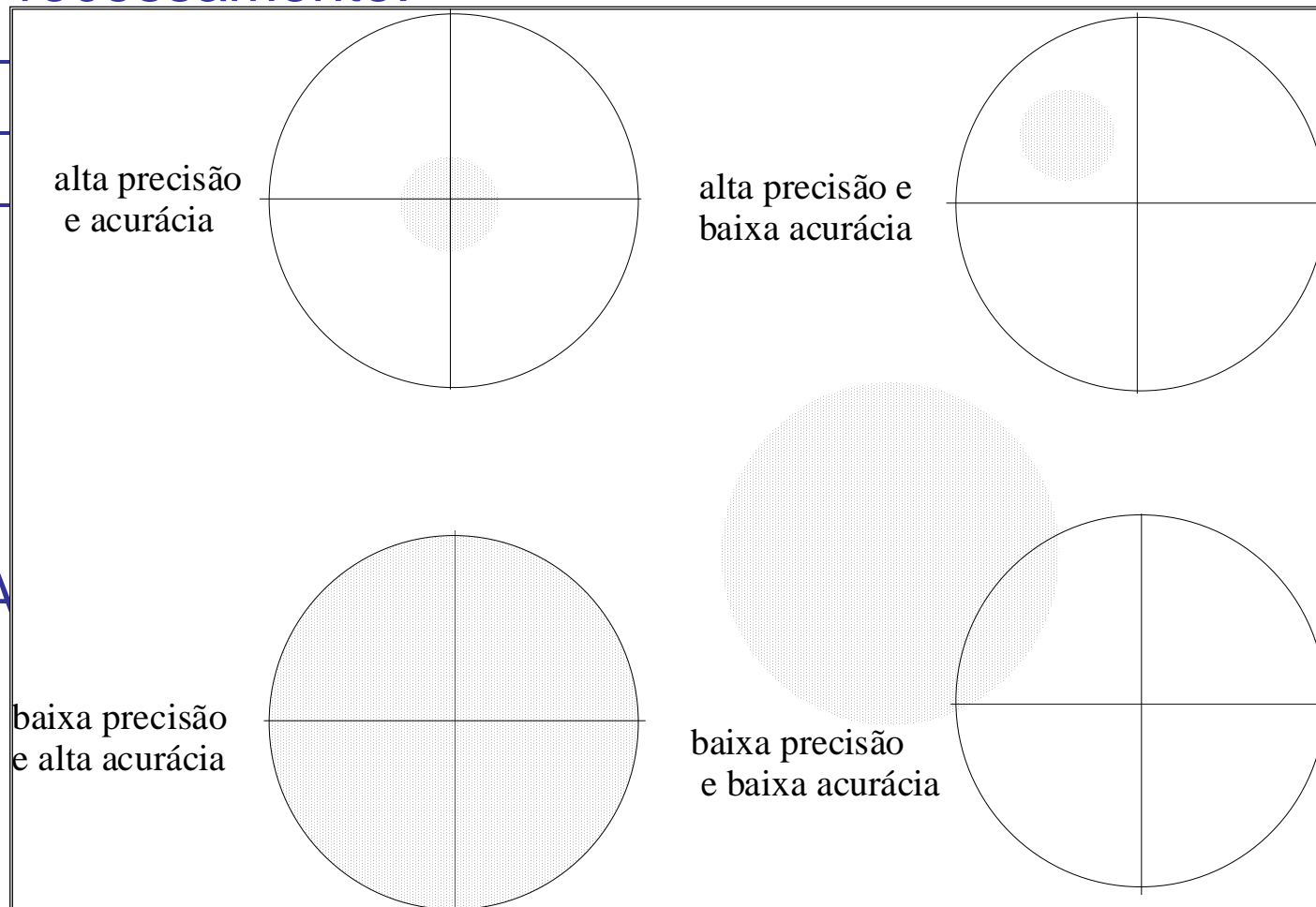
Fontes	Erros	Efeito	Correção/Atenuação
Satélite	Órbitas	~ 0 a 20 m	- órbita precisa; - posicionamento relativo;
Propagação e Estação	Multicaminhamento	~ 10 a 20 m	- antenas especiais; - máscara de elevação; - visadas livres;
	Perda de Ciclo		- visadas livres de obstrução; - tripla diferença de fase; - receptores/antenas;
	Refração Troposférica	~ 2 a 2,5 m	- modelos de troposfera; - posicionamento relativo; - linhas de base curtas;
	Refração Ionosférica	~ 18 m	- modelos de ionosfera; - posicionamento relativo; - dupla frequência; - linhas de base curtas;
Receptor/Antena	Centro de Fase	~ 10 a 15 cm	- modelos iguais de antenas; - arquivos de correção (NGS);

- posicionamento relativo em base curta;
- modelo regional;
- mapas globais da ionosfera.

Processamento

(6/6)

- Processamento:



- A

Integração ao SGB

(1/3)

- Ajustamento injuncionado:
 - posicionamento relativo em rede => uma estação injuncionada;
 - coordenadas dos satélites e da estação de referência devem estar no mesmo referencial geodésico;
 - análise do desvio-padrão das coordenadas;
 - proceder ajustamento da rede injuncionando-se todas as estações do SGB;
 - análise da unidade de variância a posteriori:
 - geralmente é necessário escalar o ajustamento

Integração ao SGB

(2/3)

- Efemérides
 - WGS-84 ou ITRF;
- Parâmetros de transformação:
 - menos preciso;
 - SIRGAS2000 = WGS-84;
 - SAD 69 x SIRGAS2000

$$\Delta X = + 67,35 \text{ m}$$

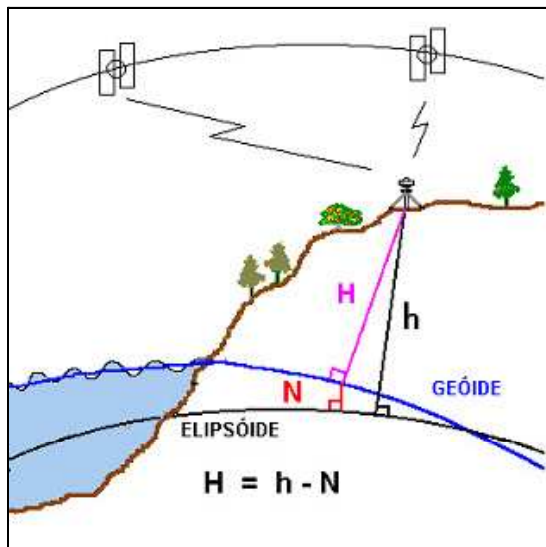
$$\Delta Y = - 3,88 \text{ m}$$

$$\Delta Z = + 38,22 \text{ m}$$

Integração ao SGB

(3/3)

- Obtenção da altitude ortométrica



– MAPGEO2004 - www.ibge.gov.br

