



Ensino virtual de uso de geotecnologias para cursos de Graduação

Módulo III – GPS – Sistemas de Posicionamento Global



CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

3. Sistemas de Posicionamento por Satélite

3.1 Introdução

3.1.1 Histórico e Introdução

3.1.2 Características e Estrutura

3.2 Sinal do GPS

3.2.1 A constelação de Satélites GPS

3.2.2 A estrutura do sinal GPS

3.2.3 Rastreamentos dos satélites

3.3 Posicionamento Global

3.3.1 O sistema de referência GPS

3.3.2 Posicionamento por GPS

3.3.3 Erros no posicionamento

3.4 Equipamentos

3.4.1 Tipos de equipamentos GPS

3.4.2 Métodos de medição usando o GPS

3.5 Aplicações

3.5.1 Aplicações

3.5.2 Outros Sistemas de posicionamento

3.5.3 Introdução ao uso do GPS (Garmin Etrex)





GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS

Ajuda Doppler: estratégia de processamento de sinal que utiliza o deslocamento *doppler* para ajudar o receptor rastrear o sinal GPS. Permite medições mais precisas de velocidade e posicionamento.

Banda-L: grupo de radiofrequências que se estende de 390 MHz até 1550 MHz. As frequências de portadora do GPS (1227,6 MHz e 1575,42 MHz) estão na banda L. **Canal:** um canal do receptor GPS consiste do circuito necessário para sintonizar o sinal de um satélite GPS.

Canal de multiplexação rápida: um único canal que rapidamente amostra um número de satélites. "Rápida" significa que o tempo de chaveamento é suficientemente rápido (2 m/s a 5 m/s) para recuperar a mensagem de dados.

Canal Multiplexador: um canal de um receptor GPS que pode ser sequenciado através de um número de sinais de satélites.

Código C/A: (Curso/Aquisição) código padrão do GPS - uma sequência 1023 pseudo-randômica, binária, com modulações de duas fases na portadora e com uma taxa de 1,023 MHz. Também conhecido como "código civil".

Código P: código Preciso ou Protegido. Uma sequência muito longa de modulações bi-fase binárias e pseudo-randômicas na portadora do GPS com uma taxa de 10,23 MHz que se repete em cerca de 267 dias. Cada segmento de uma semana desse código é única para um dado satélite GPS e reajustada a cada semana.

Desvio Doppler: a mudança aparente na frequência de um sinal causado pelo movimento relativo do transmissor e do receptor.

Efemérides: previsões das posições atuais do satélite que são transmitidas ao usuário na mensagem de dados.

Erro de caminhos múltiplos: erros causados pela interferência do sinal que alcançou a antena do receptor com dois ou mais caminhos diferentes. Usualmente causado por um caminho que foi refletido.

Faixa de frequência: um intervalo particular de frequências.

Fragmentos: o tempo de transição para bits individuais numa sequência pseudo-randômica. Também conhecido como circuito integrado.

Frequência da portadora: frequência da saída fundamental não modulada de um transmissor de rádio.





Largura de banda: faixa de frequência de um sinal.

Mensagem de dados: mensagem incluída no sinal do GPS que relata a localização, correções do relógio e saúde do satélite. Está incluída informação dos outros satélites na constelação.

Palavra de Handover: palavra na mensagem de GPS que contém informações de sincronismo para a transferência de rastreamento a partir do código C/A para o P.

Posicionamento diferencial: medição precisa das posições relativas de dois receptores rastreando o mesmo sinal.

Posicionamento estático: determinação da localização quando a antena do receptor esta presumivelmente estacionária na Terra. Isto permite o uso de varias técnicas de cálculo de media que melhoram a exatidão por fatores acima de 1000.

Rastreamento ajudado-pela-portadora: estratégia de processamento de sinal que utiliza o sinal da portadora do GPS para conseguir um travamento exato do relógio no código pseudo-randômico.

Receptor de multi-canais: receptor GPS que pode simultaneamente rastrear mais de um sinal de satélite.

Segmento de controle: rede mundial de estações de controle e monitoramento GPS que garante a exatidão das posições dos satélites e de seus relógios.

Segmento do usuário: parte total do sistema GPS que inclui os sinais dos receptores GPS.

Segmento espacial: parte total do sistema GPS que inclui os satélites e os veículos de lançamento.

Serviço de posicionamento padrão (SPS): a exatidão do posicionamento civil normal obtida pela utilização do código C/A de frequência simples.

Serviço de Posicionamento Preciso (PPS): posicionamento dinâmico mais exato possível que o GPS, baseado na frequência dupla código P.

Espectro de Espalhamento: sistema no qual o sinal transmitido e espalhado em uma banda de frequência muita mais larga do que o mínimo de largura de faixa requerido para transmitir informação sendo enviada. Para o GPS, isto e feito modulando-se a portadora com um código pseudo-randômico.

Espectro de Frequência: distribuição de amplitudes de sinal como função da frequência.





Fonte: Adaptado pelo autor da Tradução de Glossário publicado pelo NIST (National Institute of Science and technology – USA) e artigo publicado no sítio 360graus.

Disponíveis em:

<http://360graus.terra.com.br/expedicoes/default.asp?did=27082&action=geral>);

<http://pcdsh01.on.br/GloTerTec.htm>).

3.1 INTRODUÇÃO

3.1.1 HISTÓRICO E INTRODUÇÃO

O homem precisou desenvolver técnicas que lhe permitissem ter o domínio de territórios onde pudesse se estabelecer. A capacidade de orientação em relação à natureza através da caracterização da paisagem representou o início de um longo processo, que partiu de cálculos cartesianos baseados nos corpos celestes, chegando hoje à tecnologia orbital “os satélites”. O objetivo desses esforços foi e continua sendo, matematizar os aspectos físicos/geográficos do planeta, entre eles: forma, dimensão e a localização.

Com o desenvolvimento da matemática, física, astronomia e cartografia e da elaboração de instrumentos capazes de realizar a medições de ângulos e distâncias, a orientação do homem em relação ao planeta e ao Cosmo mudou.

O conhecimento geográfico passou a representar uma ferramenta estratégica para o desenvolvimento e expansão dos territórios; e o avanço tecnológico permitiu que instrumentos cada vez mais precisos fossem elaborados para o posicionamento e a orientação.

O RADAR (Radio Detection And Ranging) foi um dos primeiros equipamentos eletrônicos utilizados para a localização de pontos. O seu primeiro protótipo surgiu em 1912 e foi utilizado até a II Guerra Mundial. O dispositivo determina a posição de um ponto, pela medida do lapso de tempo entre os sinais de rádio em alta frequência provenientes de locais fixos em terra. Os sinais de rádio são emitidos por transmissores exatamente ao mesmo tempo e têm a mesma velocidade de propagação. Um receptor localizado em um corpo em movimento detecta qual sinal chega primeiro e o tempo até a chegada do segundo sinal. Se o operador conhece as localizações exatas dos transmissores, a velocidade das ondas de rádio e o lapso de tempo entre os dois sinais, ele pode calcular sua localização em uma dimensão. Se usarmos três transmissores, podemos obter uma posição bi-dimensional, em latitude e longitude.



Figuras 1 e 2. Antenas receptoras de sinais Radar. Fonte: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/90/Radar_antenna.jpg

Para saber mais sobre Radares:

<http://www.brasilecola.com/fisica/radar.htm>

O GPS funciona com base nos mesmos princípios. Os transmissores de rádio são substituídos por satélites que orbitam a Terra a 20.200 km e permitem conhecer a posição em três dimensões: latitude, longitude e altitude.

A partir da aparição dos primeiros satélites artificiais, os geodestas rapidamente descobriram as vantagens de utilizá-los como pontos espaciais geodésicos de referência e eles passaram a ser utilizados no estabelecimento de [redes geodésicas](#).

O primeiro sistema de satélites colocado à disposição do meio civil foi o TRANSIT em 1967, o qual permitia a determinação de pontos com a precisão da ordem de décimetros. Esse sistema foi utilizado principalmente para a navegação, a prospecção de recursos naturais e para o controle de redes geodésicas (Orth et all, 2004).



O sistema NNSS-TRANSIT (Navy Navigation Satellite System) e foi desativado em 1996 por não atender satisfatoriamente às demandas militares em razão dos períodos entre passagens consecutivas de satélites levarem até mais de uma hora e meia, sendo inadequado à navegação aérea.

Por este motivo, ainda na década de 70 foram iniciadas as pesquisas para implementação do NAVSTAR - GPS (Navigation Satellite Time and Ranging - Global Positioning System). Dois projetos distintos das forças armadas dos EUA (TIMATION E 621B) foram fundidos e sob a coordenação do JPO (Joint Program Office) e deram origem ao NAVSTAR – GPS em 1973.

O Primeiro satélite protótipo do sistema foi lançado em fevereiro de 1978, seguido de mais onze lançamentos e configurando o que veio a ser conhecido como Bloco I. Seguiram-se a esses satélites protótipos os satélites operacionais dos Blocos II, IIA, tendo sido posto em órbita em julho de 1997 o primeiro veículo da série IIR. O GPS foi declarado totalmente operacional em janeiro de 1994, ocasião em que sua constelação de 24 satélites foi completada.

Embora tenha sido concebido para aplicações militares, o GPS tem entre os civis seu maior número de usuários em todo o mundo, proporcionando em tempo real coordenadas, velocidade, direção de deslocamento, hora, etc., com grande confiabilidade e precisão, se caracterizando como a mais revolucionária ferramenta de posicionamento /navegação da atualidade.

3.1.2 CARACTERÍSTICAS E ESTRUTURA

As principais características do Sistema GPS são:

- COBERTURA GLOBAL

Os sinais transmitidos pelos satélites estão disponíveis em qualquer posição em torno da Terra, em número suficiente para proporcionar o posicionamento/navegação em tempo real.

- OPERAÇÃO CONTÍNUA

Há disponibilidade de sinais de um número mínimo de seis satélites, independente do horário. Proporciona o vetor posição do usuário, podendo tais posições ser convertida em coordenadas geodésicas ou relacionadas a um dado sistema de projeção, p.ex. UTM.

- INDEPENDENTE DE CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

Não há restrições meteorológicas normais à recepção dos sinais dos satélites, exceções feitas às anomalias ionosféricas sazonais, com período de 11 anos.

- ACURÁCIA

Vários níveis de acurácia podem ser alcançados com a utilização do GPS. Os limites de precisão dependem basicamente da técnica e do tipo de equipamento rastreador empregado.

Em levantamentos geodésicos ou topográficos, a precisão do posicionamento pode ser da ordem de alguns milímetros, enquanto que em posicionamentos isolados ou em navegação com um único ponto (*point positioning*), este pode atingir 25 m.

A ESTRUTURA DO GPS:

O GPS consiste, atualmente, de 24 satélites distribuídos em 6 órbitas planas. Cada plano possui uma inclinação de 55° em relação ao plano do Equador. Os satélites estão há 20.200km da Terra e completam uma revolução inteira em torno da sua órbita em aproximadamente 12 horas siderais ou 11 horas e 58 minutos de tempo solar médio. (Figura 3).



FIGURA 3 – Constelação de Satélites. Disponível em:
(<http://leivan.files.wordpress.com/2007/09/satelites.jpg>)

O Sistema GPS é dividido em três unidades distintas, como mostra a Figura 4.

São elas:

- Segmento Espacial;
- Segmento de Controle;
- Segmento dos Usuários.

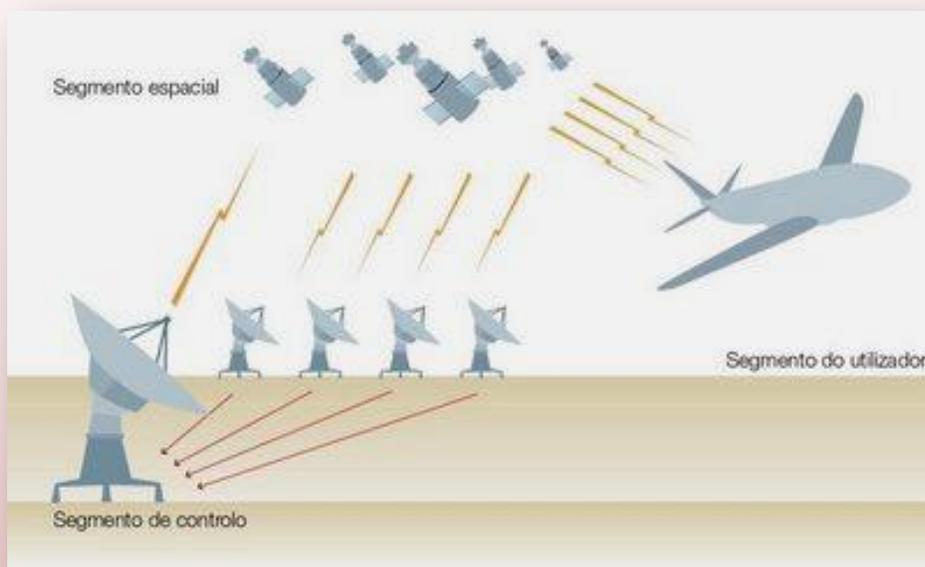


Figura 4 - Segmentos do Sistema GPS. Disponível em: (<http://fisicaequimica11.blogspot.com/2008/09/viagens-com-gps.htm>)

SEGMENTO ESPACIAL

O segmento espacial é constituído pela constelação de satélites. Segundo Silva (1995), eles devem assegurar as seguintes funções:

- manter uma escala de tempo bastante precisa. Para atender esse objetivo, cada satélite possui dois relógios de césio e dois de rubídio;
- emitir dois sinais ultra-estáveis em frequência, modulados em fase através dos códigos denominados pseudo-aleatórios, sobre as duas frequências específicas do sistema:

$$L1 = 1.57542 \text{ GHz}$$

$$L2 = 1.22760 \text{ GHz}$$

- receber e salvar as informações provenientes do segmento de controle;
- efetuar manobras orbitais para guardar a sua posição definida na constelação ou para substituir outro satélite defeituoso;
- efetuar cálculos;
- retransmitir informações (mensagens ou efemérides) ao solo.

Os satélites são alimentados por corrente elétrica gerada através de duas placas solares com superfície de 7,25 m², ilustrada na Figura 5.



FIGURA 5 - Satélite GPS.

Disponível em: (<http://gpspoint.com.br/component/content/article/36-gps/46-gps>)

SEGMENTO DE CONTROLE

O segmento de controle (ou monitoramento) é constituído por um grupo de cinco estações terrestres que registram os sinais GPS, efetuam medidas meteorológicas e enviam os dados para a estação principal, a qual calcula as efemérides dos satélites, bem como os coeficientes de correção dos relógios e transmite-os para as estações de transmissão.

As efemérides são as mensagens transmitidas pelos satélites, com informações de sua órbita (em relação à origem do sistema de referência) e do seu sistema de tempo. Para medições mais precisas, necessita-se de conhecer as efemérides precisas, só fornecidas pelas agências *Defense Mapping Agency*.

Existem cinco estações de monitoramento (*Ground Control Stations - Monitor Stations - MS*) que servem à constelação GPS, localizadas em *Colorado Springs* (a principal ou *Master Control Station*), *Hawai*, *Ilha Ascensão*, no Atlântico Sul, *Diego Garcia*, no Oceano Índico, e *Kwajalein*, no Pacífico Norte. A Figura 6 representa a distribuição destas estações.

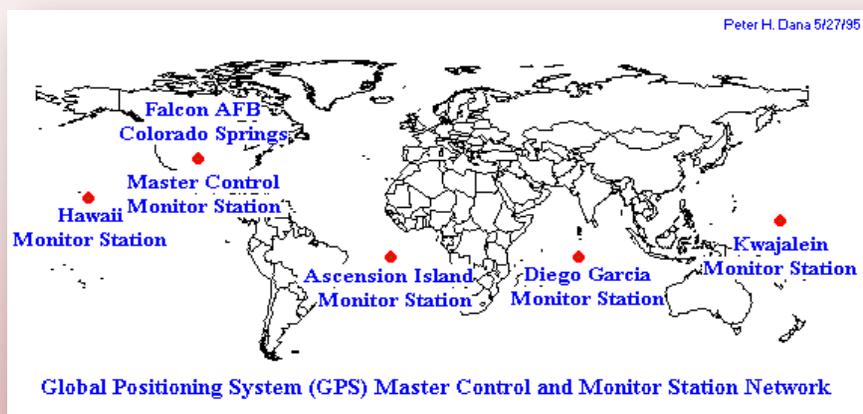


FIGURA 6 – Estações de Monitoramento. Fonte: Peter H. Dana (1995).

Todas as estações de monitoramento rastreiam os satélites, determinam a sua performance operacional, checam os parâmetros e passam estas informações para a Estação de Controle Master - MCS. A MCS pode então determinar os parâmetros de órbita de um satélite e transferir dados de correção para o mesmo satélite.

A determinação desse número de satélites circulando o globo, mais os planos de órbita dos satélites, junto com a estrutura de comando e controle, faz com que o GPS assegure que um número mínimo de quatro satélites sempre estará disponível para oferecer, seja durante o dia ou à noite, em qualquer lugar da superfície da Terra, uma posição precisa de determinado objeto (através de um receptor - um *GPS Receiver*).

SEGMENTO DOS USUÁRIOS

Este segmento compreende o conjunto de usuários do sistema, sejam civis ou militares, em terra, água ou ar. Incluem-se os fabricantes de equipamentos, entidades governamentais e científicas não ligadas diretamente à agência do sistema. Trata-se, fundamentalmente, dos receptores (*GPS Receivers*) que possuem a capacidade de registrar as medidas de pseudodistâncias - código e de fase - com base nas duas frequências L1 e L2, transmitidas pelos satélites. Esses receptores convertem os sinais dos satélites em posição, velocidade e tempo estimado. Quatro satélites, no mínimo, são requeridos para computar as quatro dimensões: x,y,z (posição) e t (tempo).

Os *GPS Receivers* são usados para orientação à navegação, posicionamento, disseminação do tempo e outros recursos.

A navegação é a função primária do GPS, sendo usado por usuários de aeronaves, navios, veículos e por indivíduos que usam o receptor portátil (“de bolso”). (Ver Figura 8 e 9)



FIGURA 7 – Usuários Civis do GPS



FIGURA 8 – Veículos com receptor GPS

Fonte: <http://revistaautoesporte.globo.com/Revista/Autoesporte/fo/to/0,,16192551,00.jpg>

Assista o vídeos e saiba um pouco mais sobre o GPS:

<http://www.youtube.com/watch?v=dsyDdgxrYDw&feature=related>

3.2 SINAL DO GPS

3.2.1 – A CONSTELAÇÃO DE SATÉLITES GPS;

Os satélites que compõem a constelação GPS foram construídos em vários blocos, cada um com características particulares, incorporando novas mudanças ou desenvolvimento de equipamentos.

BLOCO I

Foi construído pela *Rockwell International*. Os satélites operavam com uma autonomia de 3,5 dias sem o sinal de controle das bases de Terra (ver Figura 4). Este bloco, começando com o SV (*Space Vehicle*) 8 tinham instrumentos que permitiam o monitoramento de explosões nucleares ocorridos na atmosfera ou no espaço (*), fiscalizando os tratados assinados (*Nuclear Non-proliferation treaty and Atmospheric Test Ban*). Instrumentos carregados no Bloco I incluem sensores de raio-X, sensores de solo e detectores de sinais de rádio (**).

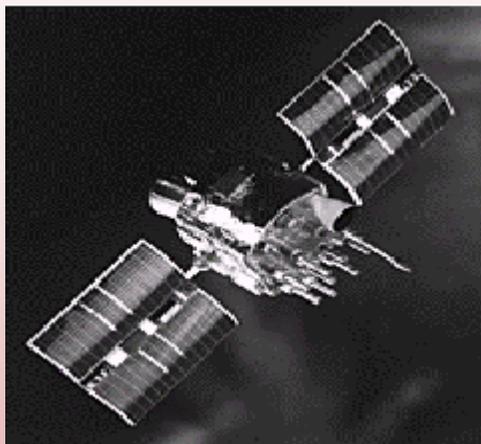


FIGURA 9 – Bloco I

(*) - As explosões nucleares emitem um *flash* de raio-X que dura menos de umµs (milionésimo de segundo). Este *flash* pode ser visto pelos detectores de raio-X de vários satélites NAVSTAR. Medindo o tempo de chegada do *flash* aos vários satélites, localizando a explosão e enviando os sinais para o segmento de controle.

(**) - As explosões também emitem ondas de rádio, chamada de pulso eletromagnético. O pulso é causado pela radiação da bomba, que impulsiona os elétrons, arrancando-os das moléculas da atmosfera, propagando o sinal.

BLOCO II

Foi projetado para oferecer confiabilidade superior a sete anos de serviço. Os satélites foram construídos pela *General Electric Astrospace*. Os satélites projetados requeriam uma interação mínima com a Terra e pouca manutenção (correção).

BLOCO IIA

Na essência os satélites são idênticos ao padrão Bloco II, mas com uma exceção: as estações de Terra eram incapazes de carregar novas informações de navegação, os satélites transmitiam a mesma mensagem de navegação por até 180 dias (6 meses de autonomia programada). As órbitas dos satélites só podiam ser mudadas após esse período (Figura 5).

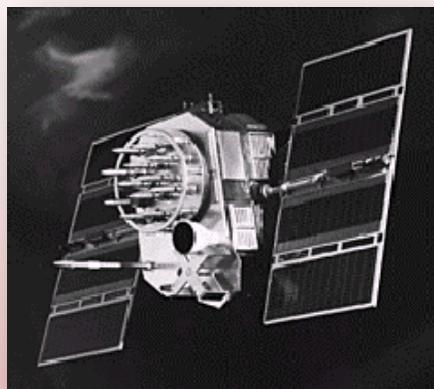


FIGURA 10 – Bloco II e IIA

BLOCO IIR

O Bloco IIR de satélites têm como característica a autonomia de navegação. Podiam criar sua própria mensagem de navegação sem dados carregados das bases de Terra. Isto dava ao sistema manter-se com maior precisão por muito mais tempo (ver Figura 6).



FIGURA 11 – Bloco IIR

O primeiro satélite do bloco IIF foi lançado no dia 27 de maio de 2010, com o propósito de fornecer sinais de navegação duas vezes mais acurados, em relação aos seus antecessores.

Leia notícias sobre o mais novo grupo de satélites GPS e perspectivas de operação nos seguintes sítios:

[\(http://mundogeo.com/blog/2010/08/31/primeiro-satelite-gps-do-bloco-modernizado-iif-entra-em-operacao/\)](http://mundogeo.com/blog/2010/08/31/primeiro-satelite-gps-do-bloco-modernizado-iif-entra-em-operacao/);

[\(http://w3.ufsm.br/geo-giap/index.php/destaques/65lançamento-de-satelite-gps-do-novo-bloco-iif-esta-agendado-para-hojed9d325bd199f92e14f6e21703c0ff545=06773e20abf9dcc0d9052cb49342d23a\)](http://w3.ufsm.br/geo-giap/index.php/destaques/65lançamento-de-satelite-gps-do-novo-bloco-iif-esta-agendado-para-hojed9d325bd199f92e14f6e21703c0ff545=06773e20abf9dcc0d9052cb49342d23a)

;

[\(http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,MUL999432-5603,00-EUROPEUS+FAZEM+SIMULACAO+DE+TRAFEGO+INTENSO+DE+SATELITES+NO+ESPACO.html\)](http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,MUL999432-5603,00-EUROPEUS+FAZEM+SIMULACAO+DE+TRAFEGO+INTENSO+DE+SATELITES+NO+ESPACO.html)

3.2.2 A ESTRUTURA DO SINAL GPS

A estrutura do sinal GPS é complexa em razão da necessidade de manter a transmissão livre de interferências ou acesso indefinido, fundamentais em se tratando de um sistema militar. As frequências portadoras L1 e L2 são ondas senoidais geradas a partir de quatro osciladores altamente estáveis (osciladores de rubídio e césio), os chamados relógios de satélites.

A frequência fundamental gerada nos osciladores é $f_D = 10,23\text{MHz}$. O sinal GPS deve, portanto ser entendido como um conjunto de informações, as quais são moduladas sobre uma onda que se propaga com uma frequência pré-definida e que pode ser captada pelo rastreador GPS. Entre as informações nela contidas estão os códigos que são transmitidos como um ruído pseudo-aleatório (PRNs - *Pseudo Random Noise*), mas que de fato, possuem uma sequência lógica, também conhecida como mensagem de efemérides (ver Figura 10)

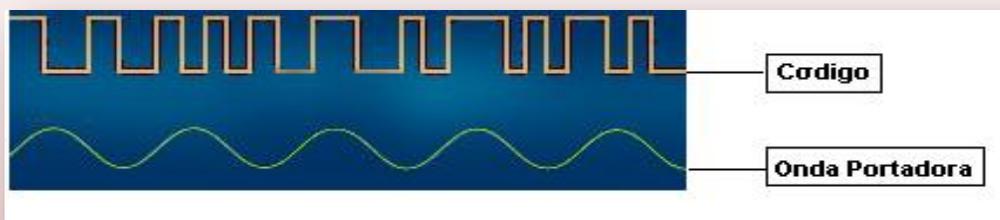


FIGURA 12 – Código e Onda Portadora.

Fonte: http://www.malima.com.br/satelite/blog_commento.asp?blog_id=8

Portanto, o sinal GPS é este conjunto de informações, embutidas nas ondas portadoras transmitidas pelos satélites, de forma que qualquer receptor GPS, do mais simples ao mais complexo, precise sintonizar-se com o sinal em uma (L1) ou duas (L1 e L2) frequências portadoras para então ter acesso a tais informações. Sobre as portadoras são modulados dois códigos denominados códigos pseudo-aleatórios. Sobre a portadora L1, modula-se o código C/A (*Clear Access ou Coarse Aquisition*) e sobre as portadoras L1 e L2, modula-se o código P (*Precise Code*). O código P é uma série de +1 e -1 com uma frequência de 10,23 megabits por segundo e um período de 267 dias. Esse código pode ser alterado pelo controle, sempre que o governo norteamericano desejar; diz-se nesse caso, que o código está criptografado.

O código C/A é uma série de +1 e -1 com uma frequência de 1,023 megabits por segundo e um período de 1 milionésimo de segundo.

Ambos os sinais transmitem ainda uma série de mensagens de navegação, tais como efemérides, correções dos relógios dos satélites, saúde dos satélites e outras, que são processadas pelos receptores.

Existe previsão de acréscimo de mais dois novos sinais no GPS. O primeiro será realizado pela modulação do código C/A sobre a portadora L2 (atualmente tem disponível só para o código P). O segundo código será modulado sobre uma nova portadora L5, com frequência de 1176,45 MHz. Este novo código terá frequência dez vezes maior que o código C/A melhorando muito a precisão do GPS.

CÓDIGOS

Os códigos são seqüências binárias, aparentemente aleatórias, que permitem aos receptores sincronizarem-se com os satélites. A forma de identificação do satélite é a mesma empregada na telefonia celular (CDMA - *Code Division Multiple Access*). Nesta técnica os satélites são identificados pelo código, uma vez que todas as unidades compartilham a mesma frequência.

Os códigos são gerados a partir de sistemas denominados *tapped feed register*, os quais permitem sua reprodução em intervalos regulares. O conhecimento do algoritmo gerador de cada código permite a recriação dos mesmos e a identificação de sua geração por comparação.

Tabela 2- Códigos do sinal GPS (C/A e P) e suas características.

Parâmetro	Código C/A	Código P	System Data
Velocidade	1,023 Mbps	10,23 Mbps	50 bps
Comprimento de Onda	292 m	29,2 m	6300 m
Intervalo de Repetição	1 ms	7 dias	NA
Tipo de Códigos	GOLD	código PRN de 280 dias	NA
Número Total de Códigos	37 códigos únicos	seções de 37 por 7 dias	NA
Propriedades	fácil aquisição	difícil aquisição; mais preciso; melhor rejeição à reflexões; mais resistente a "jamming" e "spoofing".	NA



3.2.3 RASTREAMENTO DOS SATÉLITES

Um receptor rastreia um satélite pela recepção de seu sinal. Sinais de apenas quatro satélites são necessários para obtenção de uma posição fixa tridimensional, mas é desejável um receptor que rastreie mais de quatro satélites simultaneamente.

Como o usuário se desloca, o sinal de algum satélite pode ser bloqueado repentinamente por algum obstáculo, restando satélites suficientes para orientá-lo. A maioria dos receptores rastreia de 8 a 12 satélites ao mesmo tempo.

Rastrear satélites significa conhecer suas posições. Não significa que o sinal do satélite esta sendo usado no cálculo da posição. Muitos receptores calculam a posição com quatro satélites e usam os sinais do quinto para verificar se o cálculo está correto.

CANAIS

Depois que os sinais são captados pela antena, são direcionados para um circuito eletrônico chamado canal, que reconhece os sinais de diferentes satélites. Um receptor com um canal lê o sinal de cada satélite sucessivamente, até receber os sinais de todos os satélites rastreados. A técnica é chamada "*time multiplexing*". Leva menos de um segundo para processar os dados e calcular a posição. Um receptor com mais de um canal é mais rápido, pois os dados são processados simultaneamente.

ANTENAS

A antena recebe os sinais dos satélites. Como os sinais são de baixa intensidade, as dimensões da antena podem ser muito reduzidas. Receptores portáteis utilizam um dos dois tipos:

* Quadrifilar helix - formato retangular, localização externa; giratória; detecta melhor satélites localizados mais baixos no horizonte.



Figura 13. Antena Quadrifilar helix.

Fonte: www.velamar.com.br/wb/gpschartplottergarmin.htm

* *Patch (microstrip)* - menor que a helix; localização interna; pode detectar satélites na vertical e a 10° acima do horizonte.

* Antenas externas

Podem ser conectadas através de uma extensão à maioria dos receptores. Alguns receptores possuem antena destacável, permitindo melhor uso a bordo de veículos. Se você for comprar uma antena externa, escolha uma 'ativa' que amplifica os sinais antes de enviá-los para o receptor. Ao construir uma extensão, opte por encurtar o cabo o máximo possível para diminuir a perda do sinal. Esse tipo de antena é muito utilizado em embarcações.

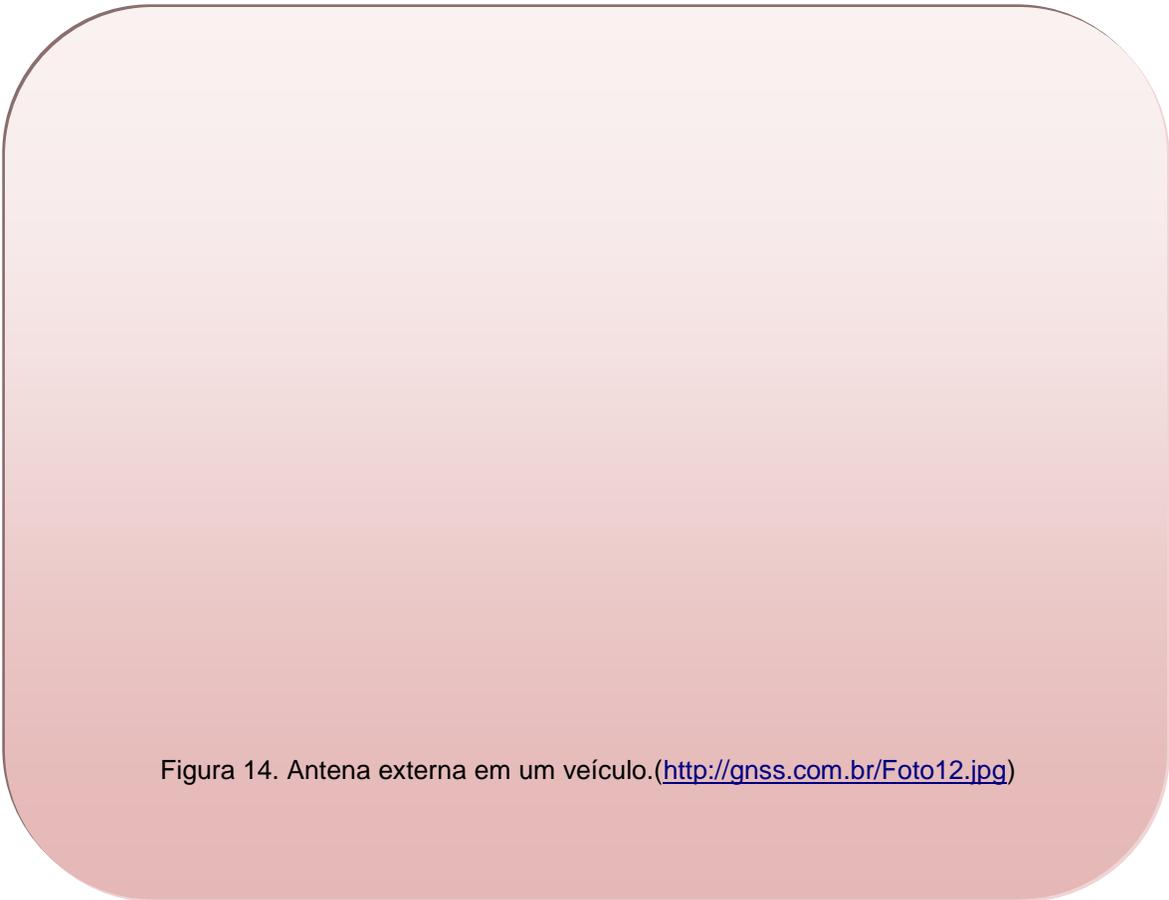


Figura 14. Antena externa em um veículo. (<http://gnss.com.br/Foto12.jpg>)

RECEPTORES GPS

Além de receber e decodificar os sinais dos satélites, os receptores são verdadeiros computadores que permitem várias opções de: referências; sistemas de medidas; sistemas de coordenadas; armazenagem de dados; troca de dados com outro receptor ou com um computador; etc. Alguns modelos têm mapas muito detalhados em suas memórias. Uma pequena tela de cristal líquido e algumas teclas permitem a interação receptor/usuário.



FIGURA 15- Receptor Garmin Etrex

(<http://gpsnewsupdates.com/2011/01/12/garmin-etrex-2/garmin%20etrex>)

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE UM RECEPTOR

- Permitem armazenar pontos em sua memória, através de coordenadas lidas em uma carta, obtidas pela leitura direta de sua posição ou através de reportagens ou livros especializados que as publiquem;
- Os pontos plotados na memória podem ser combinados formando rotas que, quando ativadas, permitem que o receptor analise os dados e informe, por exemplo: tempo, horário provável de chegada entre os pontos próximo, distância até o destino, horário de nascer e do pôr do Sol, rumos a serem seguidos e muito mais. A função ROTA é importante porque permite que o receptor guie o usuário do primeiro ponto ao próximo e assim sucessivamente até o destino. Quando você atinge um ponto, o receptor busca o próximo - sem a interferência do operador – automaticamente.
 - A função GO TO é similar, sendo o ponto selecionado o próprio destino.
 - Os receptores instalados nos carros dos países onde existem mapas digitalizados - computadores de bordo - trazem em sua memória mapas detalhados de cidades e endereços úteis, como : restaurantes, *shoppings*, hotéis, etc.. Um menu permite ao motorista ativar automaticamente uma rota até o ponto desejado, seja outra cidade, outro bairro ou um endereço específico.

3.3 POSICIONAMENTO GLOBAL

3.3.1 O SISTEMA DE REFERÊNCIA GPS

O princípio fundamental para o desenvolvimento de levantamentos topográficos no âmbito nacional de um país foi a definição, no século passado, dos elipsóides de referência. As dimensões, a forma e o posicionamento desses elipsóides são escolhidos de maneira a obter uma adaptação otimizada em relação à porção geóide, de acordo com a região do globo em questão. Por isso, cada país adotou um datum geodésico e um sistema de referência geodésico mais adaptado à sua forma.

Além desses sistemas individuais, existe ainda um sistema de referência global, que é definido por um elipsóide de referência, com o ponto central coincidente com o centro de massa da Terra e otimizado para se adaptar ao geóide global. Esse sistema de referência é denominado WGS (World Geodetic System). O sistema GPS adota esse sistema de referência como base de suas medidas.

O WGS84 é a quarta versão do sistema de referência geodésico global estabelecido pelo Departamento de Defesa Americano (DoD) desde 1960 com o objetivo de fornecer posicionamento e navegação em qualquer parte do mundo.



Ele é o sistema de referência das efemérides operacionais do sistema GPS. Daí a importância do WGS84 frente aos demais sistemas de referência.

3.3.2 POSICIONAMENTO POR GPS

O GPS oferece dois modos de operação, um mais simples (para usuários civis comuns) e outro mais preciso (de uso reservado):

3.2.1- PRECISE POSITIONING SERVICE – PPS

Oferece máxima acurácia com erros de posicionamento de no máximo 1 metro;. É usado pelo Departamento de Defesa Americano, agências do governo americano e alguns usuários civis selecionados pelo governo americano (observatórios, laboratórios, etc.)

STANDARD POSITIONING SERVICE – SPS

Este sinal está disponível gratuitamente e é aquele que é utilizado pelos aparelhos GPS disponíveis no mercado. Embora apresente uma precisão inferior ao PPS, é suficientemente rigoroso para possibilitar uma boa navegação em estrada e percursos pedestres. Apresenta erros de posicionamento que podem variar em até 100 metros.

Para saber mais:

(<http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/gps.htm>)

O posicionamento pelo método GPS é baseado em dois tipos de medições diretas satélite/receptor. São elas:

- * Medida baseada nos códigos - medida das pseudodistâncias
- * Medida baseada nas ondas portadoras - Medidas de fase.

POSICIONAMENTO PELO CÓDIGO

A necessidade de posicionamento instantâneo em algumas aplicações é satisfeita através do posicionamento por pseudodistâncias ou também conhecido por posicionamento por código. Sua fundamentação é a possibilidade de medir-se quase instantaneamente o tempo de trânsito que um determinado sinal levou para percorrer a distância entre o satélite e a antena do receptor. Isto é obtido com a



comparação entre o código (modulado na portadora) e uma réplica deste, gerada no receptor.

Os códigos diferem para cada satélite de tal maneira que é impossível correlacionar o código produzido por um receptor para um determinado satélite como o código recebido por outro satélite. Os sinais de todos os satélites, que são visíveis simultaneamente, não podem, portanto, interferir entre eles.

Geralmente, os receptores permitem registrar as medidas de pseudodistâncias para vários satélites ao mesmo tempo.

POSICIONAMENTO ABSOLUTO

Medindo-se simultaneamente as distâncias entre o receptor e três satélites e conhecendo a posição atual de cada satélite, é possível o cálculo, em tempo real, da posição do receptor.

Dessa forma, para se conhecer a posição do receptor, deve-se determinar quatro parâmetros:

- * As três coordenadas do receptor em um sistema global definido pelas órbitas dos satélites;
- * A diferença entre os relógios do receptor e do satélite.

Medindo-se a pseudodistância simultaneamente para quatro satélites ou mais, é possível determinar, em tempo real, a posição geocêntrica e o erro de sincronização entre os relógios. Dependendo da disponibilidade código P ou do código C/A, a precisão da medida será da ordem de 3m a 10m ou de 30m a 100 m, respectivamente. Esse é o sistema de medição utilizado para a navegação e para fins militares. A **Figura16** mostra essa configuração.

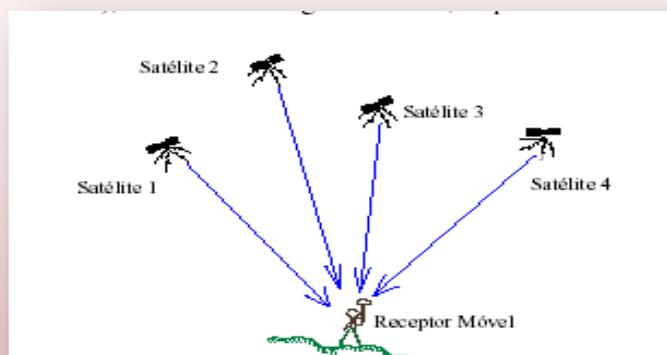


FIGURA 16– Posicionamento Absoluto (por ponto)

POSICIONAMENTO RELATIVO

Se conhecido um ponto sobre o sistema global de coordenadas, pode-se determinar, com boa precisão, outro ponto, em relação ao primeiro. Trata-se de um posicionamento relativo.

Os maiores erros em um posicionamento absoluto ocorrem devido à imprecisão das órbitas e devido ao erro de sincronização entre os relógios do satélite e do receptor. Veja **Figura 17**.

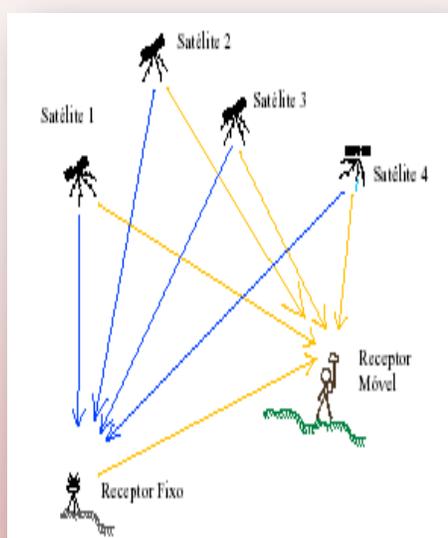


FIGURA 17- Princípio do Posicionamento Relativo

POSICIONAMENTO PELA FASE DA PORTADORA

Os comprimentos de onda das portadoras são de 19cm e 24cm respectivamente, para as ondas L1 e L2. Medindo-se, a cada instante, a diferença de fase entre a onda emitida pelo satélite e a sua reprodução pelo receptor é possível obter um outro modo de medida, muito mais preciso do que o primeiro.

Segundo Silva (1995), a maior precisão desse modo decorre do fato de atualmente ser possível medir a diferença de fase com uma precisão de cerca de 1% do comprimento de onda, o que corresponde a uma precisão linear de cerca de 1mm a 2mm, para o caso do GPS.

A medida de fase, entretanto, possui o inconveniente de ser ambígua, ou seja, é necessário conhecer, com precisão, também a quantidade inteira de comprimentos de ondas entre o satélite e o receptor.

.3.3 ERROS NO POSICIONAMENTO GPS

Várias fontes de erros estão associadas ao posicionamento de um ponto. Na **Tabela 2**, apresentam-se, de forma resumida, alguns destes erros com suas descrições.

FONTES	ERROS
Satélite	Erro da órbita Erro do relógio Relatividade Atraso entre as duas portadoras no <i>hardware</i> do satélite
Propagação do Sinal	Refração Troposférica Refração Ionosférica Perdas de ciclos Multicaminhamento ou Sinais refletidos Rotação da Terra
Receptor/Antena	Erro do relógio Erro entre os canais Centro de fase da antena
Estação	Erro nas coordenadas Multicaminhamento Marés Terrestres Movimento do Pólo Carga dos oceanos Pressão da atmosfera

TABELA - Fontes e Efeitos de Erros no Posicionamento GPS

Os erros significativos (externos ao receptor), que impedem a precisão no posicionamento com GPS, devem-se, principalmente, às imprecisões da órbita dos satélites e às influências da ionosfera e da troposfera. As informações das órbitas dos satélites são transmitidas como parte de mensagens de navegação. As efemérides transmitidas têm precisão aproximada de 1 ppm (parte por milhão) e são fontes significativas de erros para o posicionamento simples.



3.4 EQUIPAMENTOS

3.4.1- TIPOS DE EQUIPAMENTOS GPS

O objetivo deste item é esclarecer os diversos tipos de equipamentos GPS com as suas respectivas precisões. Numa tentativa de classificar, em alguns casos com pequenas diferenças, pode-se dividir o equipamento GPS em seis grupos, segundo os objetivos de precisão e utilidade.

NAVEGAÇÃO

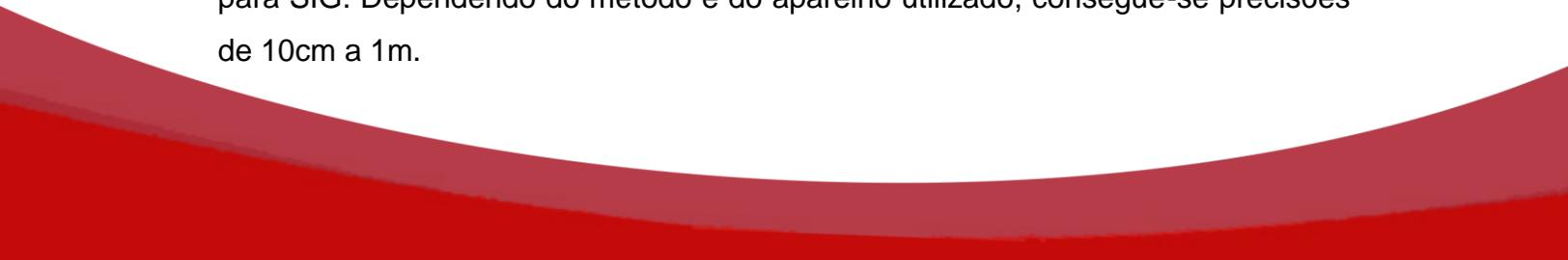
Os equipamentos de navegação são aqueles que fornecem o posicionamento em tempo real, baseado no código C/A ou P. Eles trabalham com a pseudodistância obtendo-se precisão SPS (código C/A) da ordem de 5 a 15m e precisão PPS (código P) da ordem de 3 a 10m. Contudo, os aparelhos de código P estão restritos ao uso das forças armadas Americanas ou usuários autorizados.

DGPS

Os aparelhos de DGPS são semelhantes ao anterior, difere por possuírem um link de rádio, utilizado para receber as correções diferenciais provenientes de uma estação base. Através dessas correções em tempo real, consegue-se eliminar o maior erro do GPS, obtendo-se precisões da ordem de 1 a 3m. Entretanto, precisa-se pagar periodicamente a empresa que mantém as estações de correção para se ter acesso a estes dados. Existe também o DGPS pós-processado, que dispensa o link de rádio, realizando o processamento em escritório, através de *software*.

CADASTRAIS

Esta classe inclui os aparelhos que trabalha com o código C/A (aparelhos de GIS/SIG) e os que trabalham com a fase portadora L1 (o código C/A é modulado sobre ela), através da resolução da ambigüidade de cada satélite. O pós-processamento é executado em escritório (ou em *Notebook*), através da utilização de um software específico. A grande diferença deste equipamento é a sua capacidade de aquisição e armazenamento de dados alfanuméricos associados às feições espaciais levantadas (ponto, linha e área), permitindo realizar cadastros para SIG. Dependendo do método e do aparelho utilizado, consegue-se precisões de 10cm a 1m.





Há necessidade de dois receptores ou de uma estação base que forneça os arquivos via INTERNET, obviamente com custo. São utilizados para levantamentos cadastrais de escala 1:5.000 ou menor.

TOPOGRÁFICO

Estes equipamentos poderiam ser considerados iguais aos anteriores, ou seja, também trabalham com a fase portador L1 (e código C/A), com pós-processamento dos dados. Contudo, possuem evoluções tecnológicas no próprio aparelho, nos *softwares* de pós-processamento, além de acessórios de fábrica, como tripés e bastões com níveis de calagem, que acarretam numa melhora de precisão para ordem de até 1cm. Por isso, são considerados topográficos, pois permitem aquisição de dados para escalas de 1:2.000 ou menor.

GEODÉSICOS

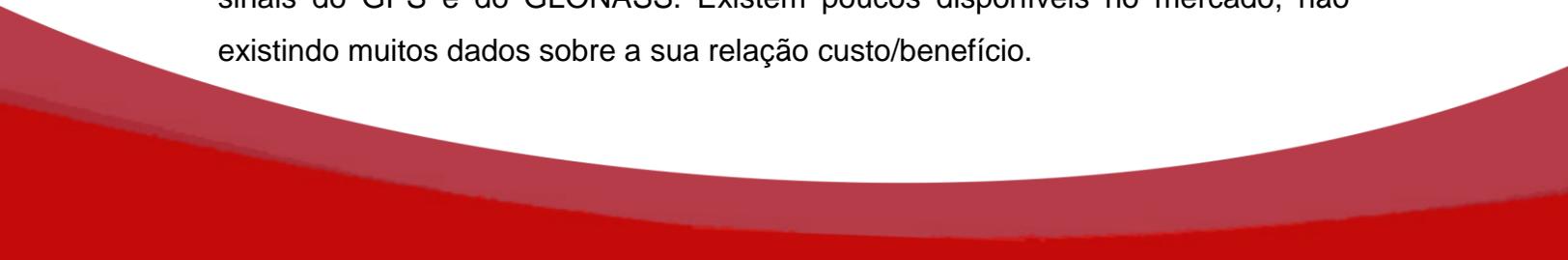
São aparelhos de dupla frequência, recebendo a frequência L1 (e código C/A) e a frequência L2 (código C/A e P). Quando somente o código C/A é usado num receptor de dupla frequência, a portadora L2 é quadrada para remover a modulação desconhecida do código P, resultando num comprimento efetivo de onda para a L2 de 12cm. Os receptores de dupla frequência, que fornecem o acesso ao código P, realizam esta tarefa através da correlação do código, permitindo, assim, um comprimento de onda cheio da portadora L2 de 24cm.

Os receptores de dupla frequência sofrem menos interferências da ionosfera. Utilizando-se estes equipamentos, com seus sofisticados recursos eletrônicos, consegue-se resolver mais rapidamente as ambigüidades, chegando-se a precisões diferenciais pós-processada da ordem de 5mm + 1ppm, com a metade do tempo que levaria um GPS topográfico.

São indicados para trabalhos geodésicos como transporte de coordenada e controle de redes. Se utilizados para levantamentos topográficos, conseguem produtos de escala 1:1.000 ou melhor.

HÍBRIDOS

Como o próprio nome diz, são receptores que possuem a capacidade de receber sinais do GPS e do GLONASS. Existem poucos disponíveis no mercado, não existindo muitos dados sobre a sua relação custo/benefício.





3.4.2- MÉTODOS DE MEDIÇÃO USANDO O GPS

O GPS possibilita a utilização de várias técnicas de levantamento, condicionadas pela finalidade e tipo de equipamento disponível. Uma divisão simplificada separa as técnicas entre Estática, Dinâmica e Cinemática.

ESTÁTICA

Nas técnicas estáticas, utilizadas para posicionamento de maior precisão, o pressuposto básico é o de que a antena do equipamento permanecerá coletando dados em um mesmo ponto por um período entre 10 minutos a várias horas. No posicionamento estatico pode-se agrupar os levantamentos em absolutos e relativos. Nos levantamentos absolutos um único equipamento é utilizado na determinação, enquanto que no método relativo são utilizados dois rastreadoras operando simultaneamente.

DINÂMICO

Nas técnicas dinâmicas o pressuposto é o de que o equipamento desloca-se continuamente ou permanece nos pontos de interesse por alguns segundos.

Os levantamentos “dinâmicos” em geral baseiam-se na utilização de uma estação fixa (referência) e no deslocamento “contínuo” de um ou mais equipamentos móveis, com obtenção em tempo real ou pós-processada das coordenadas dos pontos ocupados.

Possibilitam aquisição mais rápida e estão em expansão nos levantamentos cadastrais.

CINEMÁTICO

Neste método, mede-se a posição relativa dos pontos levantados em um intervalo de tempo pré-definido pelo usuário, com o receptor deslocando-se continuamente.

A maior aplicação do método cinemático é para determinação da trajetória de objetos em movimento. Ele pode também ser utilizado para o levantamento de perfis, determinação da posição de barcos e aviões.



3.5 APLICAÇÕES

3.5.1– APLICAÇÕES

Como visto no capítulo anterior, atualmente existem vários tipos de receptores do sinal GPS. A cada dia o número de utilizadores do sistema aumenta, da mesma forma que aumentam as suas aplicações.

MONITORAMENTO TECTÔNICO

O GPS proporcionou uma nova metodologia para estudos geodinâmicos em escalas global e regional, por meio das redes GPS de monitoramento. Com o contínuo avanço do sistema, a comunidade científica mundial tem feito esforços para estimular a implantação de redes GPS de monitoramento tectônico, e promover padrões internacionais, para coleta, análise e divulgação desses dados. Nos estudos sobre a estruturação tectônica e a dinâmica atual da Província Tocantins, desenvolvido no IAG/USP através de um projeto temático financiado pela FAPESP, foi incluída a implantação de uma rede GPS constituída de 21 estações principais com os seguintes objetivos: monitorar deformações tectônicas associadas à simicidade da Província Tocantins, e iniciar atividades de pesquisa nessa área de aplicação do GPS no Brasil. A configuração inicial dessa rede foi definida a partir das estações mais próximas da rede da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínua), da distribuição geográfica dos epicentros correspondentes aos sismos registrados, e das informações geológicas e geofísicas disponíveis na região.

Disponível em: (http://www.iag.usp.br/geofisica/geodesia/gps_aplic.htm)

GPS APLICADO AOS TRANSPORTES

A ligação do GPS com o SIG (Sistemas de Informação Geográfica) gerou um grande interesse por parte do mundo empresarial ligado ao setor do transporte de mercadorias. Muitas empresas adoptaram sistemas conjuntos GPS/SIG para fazer gestão e o monitoramento de suas frotas.

Como exemplo de uma aplicação GPS aos transportes, temos um sistema utilizado por uma empresa de aluguel de automóveis e permite localizar um veículo em qualquer lugar do Globo.



APLICAÇÕES GPS NO DESPORTO

O GPS tornou uma ferramenta indispensável para a navegação. Todos os tipos de embarcações náuticas necessitam desse equipamento como item essencial de segurança. As informações de direção e velocidade fornecidas pelo GPS ajudam a identificar acidentes geográficos, as informações de posição e navegação permitem o monitoramento da posição do receptor em qualquer lugar do Globo Terrestre.

Por essas razões, o sistema é muito utilizado em vários esportes por navegadores, maratonistas, aventureiros, pilotos de Rallys, no vôo livre, paraquedismo e outros.

GPS APLICADO À DEFESA CIVIL

Muitos serviços de defesa civil utilizam o Sistema GPS. Equipes de salvamento dos EUA utilizam desde 1992 receptores nas ambulâncias, com o objetivo de rastrear a sua localização possibilitando uma resposta mais rápida de acordo com a proximidade das ocorrências.

GPS APLICADO À TOPOGRAFIA E GEODESIA

Com os avanços tecnológicos da informática e da eletrônica o modo de praticar topografia mudou. Primeiro com o aparecimento dos instrumentos eletrônicos de medição de distâncias (EDM) e agora mais recentemente com os receptores GPS.

O GPS é hoje em dia utilizado em todas as aplicações topográficas, a sua precisão milimétrica permite utilizá-lo para determinar ângulos, distâncias, áreas, coordenar pontos, efetuar levantamentos, etc.

APLICAÇÕES MILITARES

O Sistema GPS já demonstrou ser um instrumento de grande valor para as forças militares. Um sistema seguro de navegação permite maior precisão no deslocamento de tropas em território desconhecido, porém, o GPS tem sido muito utilizado na navegação de mísseis balísticos inteligentes e outras munições que buscam seus alvos de acordo com coordenadas pré-estabelecidas.

Para saber mais sobre a utilização do GPS para fins militares:

<http://www.revistamilitar.pt/modules/articles/article.php?id=197>





Pode-se concluir que o sistema GPS possui uma vasta multiplicidade de usos. Certamente, novas aplicações irão sendo desenvolvidas assim como a tecnologia que as envolve. A própria evolução e a utilização sistemática do GPS, pode contribuir no combate de problemas atuais como: o tráfego urbano nas grandes cidades, a identificação e o mapeamento de áreas de risco, o cadastramento da população e o conhecimento geográfico como um todo.

3.5.2- OUTROS SISTEMAS DE POSICIONAMENTO

Além do NAVSTAR e do TRANSIT, existem outros sistemas menos conhecidos, desenvolvidos por outras agências espaciais ao redor do mundo, em resposta ao monopólio da manutenção do sinal GPS/NAVSTAR pelos EUA. A seguir vamos conhecer alguns desses sistemas:

SECOR

Sequential Collation of Range - SECOR, foi um sistema de posicionamento e navegação por satélite do exército americano. Treze satélites foram lançados entre 1964 e 1969. A maioria dos satélites pesavam entre 17 e 20kg.

GLONASS

Similar ao GPS, foi desenvolvido pela União das Repúblicas Socialistas Soviéticas o *Global Navigation Satellite System* - GLONASS. Sua destinação eminentemente militar restringiu seu uso pela comunidade civil. Entretanto, esta situação vem se modificando, visto que os dados deste sistema têm sido usados internacionalmente desde 1988.

Os satélites GLONASS, de modo semelhante ao GPS, foram lançados em órbitas circulares, inclinadas a $64,8^\circ$, a uma latitude aproximada de 19.100km (11.000 milhas náuticas) acima da superfície terrestre. A constelação era formada por 24 satélites (em 1995), distribuídos em três planos orbitais. Este sistema mede a pseudodistância de quatro ou mais satélites e usa procedimentos de trilateração, para determinar suas posições, velocidades e tempos.

Durante os anos 80 o sistema GLONASS apresentou uma configuração de satélites muito reduzida (chegou a ter apenas 6 satélites em órbita).

Em 1994 quando a constelação estava quase completa, um estudo comparativo entre os dois sistemas (GPS/GLONASS) realizado na Europa, demonstrou que naquela região, a precisão do GLONASS era superior ao do GPS. (Kazmierczak & Escada, 1995)

Recentemente, em dezembro de 2010 a Agência Federal Russa tentou botar em órbita três satélites a bordo de um mesmo foguete, a tentativa ambiciosa não deu





certo e os três satélites caíram no Oceano Pacífico, resultando na demissão de dois funcionários e em prejuízos científicos e financeiros para a Agência.

No dia 26 de fevereiro de 2011, a Agência Espacial Federal comunicou que o satélite Glonass-K alcançou sua órbita cerca de quatro horas depois de decolar acoplada a um foguete Soyuz-2, a partir da plataforma de lançamento de Plesetsk, no norte da Rússia.

O sistema Glonass precisa de 24 satélites funcionais para cobrir todo o globo, com o lançamento do Glonass-K, existem agora 27, entretanto quatro deles foram submetidos a reparos. A Rússia voltará a enviar vários satélites, completando o sistema global até o final do ano.

Para saber mais:

[\(http://mundogeo.com/blog/2011/02/28/russia-lanca-com-sucesso-satelite-glonass-na-segunda-tentativa/\)](http://mundogeo.com/blog/2011/02/28/russia-lanca-com-sucesso-satelite-glonass-na-segunda-tentativa/)

GALILEO

A decisão do governo americano em não autorizar que outras nações participem conjuntamente do controle de uma configuração básica do GPS, levou a União Européia a desenvolver uma solução própria para o GNSS-2 - *Global Navigation Satellite system* (GNSS-1 consiste da ampliação do GPS e GLONASS), quer seja em conjunto com outras nações, ou sozinha. Em fevereiro de 1999, a União Européia fez uma recomendação para que os Europeus desenvolvessem uma nova constelação de satélites para navegação. Isso foi resultante de muita pesquisa, desenvolvida no período de julho de 1998 a fevereiro de 1999 (*Wolfrum et al.*, 1999).

Em junho de 1999, baseado nos trabalhos anteriores realizado pelo Fórum Europeu do GNSS, o Ministério dos Transportes Europeu concordou com a fase de definição do Galileo, que se trata da contribuição Européia para o GNSS-2.

Será um sistema aberto e global, com controle civil, completamente compatível com o GPS (e provavelmente com o GLONASS), mas independente. As possibilidades de cooperação entre nações encontram-se abertas. A fase de definição deverá ser finalizada por volta de 2000. Trata-se de uma fase crucial, pois depende dela a continuidade ou não do sistema.

Em caso positivo, será iniciada a fase de desenvolvimento do GALILEO, onde a infra-estrutura é desenvolvida e validada. Uma constelação de 3 a 5 satélites será introduzida por volta de 2003. O início da implementação do sistema deve ocorrer por volta de 2005. A fase operacional, na qual os serviços são oferecidos e a manutenção do sistema é iniciada, deve estar completa em 2008.

O funcionamento do sistema deverá ser garantido pelo orçamento da União Européia, notavelmente através da ESA (*European Space Agency*) e da rede de



transporte europeia (*Trans-European Networks*), de fundos adicionais resultante do desenvolvimento de outras agências ou instituições da União Europeia, de cooperação internacional com outras nações, tais como Rússia, Canadá e Japão. Além disso, esta prevista a adoção de uma parceria pública/privada (*Public-Private Partnership*) para obter financiamento complementar.

O Galileo, conforme já citado, será um sistema de arquitetura global, visando atrair outras nações para participar do projeto. Trata-se de uma estratégia diferente da adotada com o GNSS-1, onde os objetivos do EGNOS (*European Geostationary Navigation Overlay Service*) atendia apenas os países Europeus.

Três tipos de serviços serão oferecidos pelo GALILEO:

Serviço de Acesso Aberto (OAS - *Open Access Service*), que será o serviço básico ao público, sem custos diretos, pelo menos até que o SPS (Standart Positioning Service - Serviço de Posicionamento Padrão) do GPS também o seja;

Serviço de Acesso Controlado (CAS1 - *Controlled Access Service*), para usuários que exigem um serviço garantido e com contrato de responsabilidade. Sobre este serviço será cobrado uma taxa dos usuários que vierem a utilizá-lo;

Serviço de Acesso Controlado (CAS2) , para uso militar e aplicações críticas em segurança.

Para saber mais sobre o sistema GALILEU:

[\(http://mundogeo.com/blog/2000/01/01/galileo-o-sistema-de-posicionamento-global-europeu/\)](http://mundogeo.com/blog/2000/01/01/galileo-o-sistema-de-posicionamento-global-europeu/)

LINKS:

http://www2.prudente.unesp.br/dcartog/labs/lge/projetos/cq_rbmc/pdf/Processo0103145-2.pdf

<http://www.cartografia.org.br/xixcbccd/artigos/c7/CVII-25/rochacbc.pdf>

<http://www.igce.unesp.br/igce/aplicada/textogps.pdf>

<http://www.gnss.com.br/SistemaDGPSInvertido.pdf>

<http://www.spg.com.br/informacoes/beaba/comofunca.htm>

<http://www.turma-aguia.com/davi/gps/caracteristicas.htm>





REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

KAZMIERCZAK, Marcos Leandro; ESCADA, Maria Isabel Sobral. **Curso de Geoprocessamento**. Fortaleza: FUNCEME, 1995. 149 p. il

ORTH, D. M. (2004) **GPS – Global Positioning System – Ferramenta Utilizada para Mapear Unidades de Conservação**. COBRAC 2004 - Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário · UFSC Florianópolis · 10 a 14 de Outubro 2004

SILVA, I. (1995) **Curso de Mensuração. The Global Position System – GPS** Maceió, AL. USNO, United States Naval Observatory, Disponível em <http://www.usno.navy.mil> Arquivo consultado em 26/02/2011.

SEGANTINE, P. C. L.(1995) **Estabelecimento e ajuste de uma rede geodésica no Estado de São Paulo com o sistema de posicionamento NAVSTAR/GPS**. São Paulo. 116p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

WOLFRUM, J., M. HEALY, J.P. PROVENZANO, and T. SASSOROSI, (1999) **Galileo - Europe' s Contribution to the Next Generation of GNSS**, Proceedings of the ION GPS 99 Conference, Nashville, Tennessee, September 14-17, 1999.





CRÉDITOS

Material produzido pelo Programa de ensino virtual de uso de geotecnologias para cursos de graduação, vinculado ao Edital 15 CAPES – Fomento ao uso das tecnologias de comunicação e informação nos cursos de graduação.

Prof. Dr. Carlos Roney Armani Tagliani (coordenador do projeto)

Profª Dra. Rosa Maria Picolli da Cunha (professora pesquisadora)

Organizadores:

Allan de Oliveira (colaborador)

Ana Paula Santos Pereira (tutora)

Jean Marcel de Almeida Espinoza (tutor)

Kahuam de Souza Gianuca (tutor)

Equipe de Design e Diagramação – Núcleo Comum/SEaD/FURG

Alexsander Lavoura de Mattos

Caroline Noble de Ávila

Cibele Hechel Colares da Costa

Cibele Dias Borges

Jair Conti Gomes Jr.

Jarbas Gama Macedo

Jeferson Feijó

Luciano da Silva Baldez

Marcelo da Silva Calheiros

Tôni Rabello dos Santos

Rodnei Gallo Flores

