

# GPS

## Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

Prof. Tiago Badre Marino – Geoprocessamento  
Departamento de Geociências – Instituto de Agronomia  
UFRRJ



### Sumário

**O QUE É GPS?**

**FUNCIONAMENTO DO GPS**

**DIFERENTES SISTEMAS**

**SISTEMA GNSS**

**SISTEMA GPS**

**SISTEMA GLONASS**

**SISTEMA GALILEO**

**PERTURBAÇÕES DO SINAL**

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

2

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



### Sumário

**TÉCNICAS DE MELHORA DO SINAL**

**DGPS**

**WAAS, WADGPS**

**VANTAGENS E DESAFIOS**

**UTILIDADES DE GPS**

**EXEMPLOS DE APLICAÇÃO**

**REFERÊNCIAS**

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

3

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



Discussão: Quantos sinais de rádio distintos estamos recebendo neste momento?



Rádio FM/AM  
(Antena)



Televisão  
(Antena e Satélite)



Telefonia Celular  
(Antena)



WiFi  
(Antena)

Como eles operam sem interferência?



GPS  
(Satélite)

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

4

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ

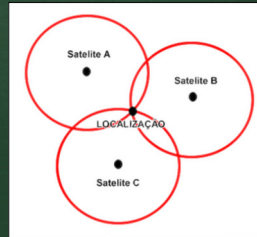


## O que é o GPS?

- ❑ GPS é o Sistema de Posicionamento Global.
- ❑ Utiliza uma tecnologia via satélite que permite determinar a sua posição sobre a Terra em latitude, longitude e altitude.
- ❑ Os receptores GPS medem os sinais de **rádio** provenientes de 3 ou mais satélites em simultâneo e determinam a sua posição através da trilateração (ou triangulação) destes sinais.



Alguns modelos de receptor GPS



GPS: Localização por trilateração

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

5

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Sumário

O QUE É GPS?

FUNCIONAMENTO DO GPS

DIFERENTES SISTEMAS

SISTEMA GNSS

SISTEMA GPS

SISTEMA GLONASS

SISTEMA GALILEO

CAUSAS DE ERROS DE AFERIÇÃO

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

6

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Funcionamento do GPS

- ❑ Tudo se resume a **medir o tempo** que o sinal **emitido** por cada **satélite** demora a atingir a nossa antena **receptora**.
- ❑ A **velocidade** a que este sinal se **propaga** pelo espaço vazio é cerca de **300.000 km/s**. Multiplicando esta velocidade pelo tempo medido obtemos a distância.
- ❑ Para obtenção de distâncias com a **precisão de 1 metro** é preciso medir o tempo com uma **precisão na ordem dos 0,000000003 segundos** (entre 3 e 4 nano segundos)!
- ❑ Para medir diferenças temporais desta ordem é necessário que os **satélites** e os **receptores** disponham de **relógios extremamente precisos e sincronizados**.

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

7

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Funcionamento do GPS

- ❑ Saber a que distância estamos de cada satélite é suficiente para sabermos a nossa posição?
  - Não. Primeiro é preciso sabermos onde está cada satélite.
  - Cada **satélite comunica** ao receptor constantemente um almanaque com **a sua posição no espaço** para podermos determinar nossa própria posição.
- ❑ Quantos satélites são necessários para determinar a nossa posição?
  - Três satélite – utilizamos o método de triangulação para determinar X, Y e Z
  - Com **um satélite** do qual conhecemos a distância a que está de nós, apenas nos é possível dizer que a **nossa localização é um ponto qualquer sobre uma esfera** imaginária com raio igual a essa distância:



Podemos estar em qualquer um dos pontos sobre a superfície da esfera!

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

8

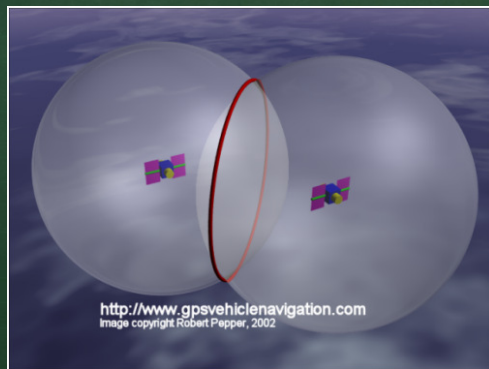
Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ





## Funcionamento do GPS

- Se conhecermos também a distância a que estamos de um segundo satélite, já nos é possível afirmar que a nossa posição é um ponto qualquer sobre a circunferência imaginária que resulta da intersecção das duas esferas.
- Agora as possibilidades, embora sejam ainda em número infinito, já estão limitadas ao plano da circunferência, em duas dimensões.



Podemos estar em qualquer um dos pontos sobre esta linha vermelha!

<http://www.gpsvehiclenavigation.com>  
Image copyright Robert Pepper, 2002

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

9

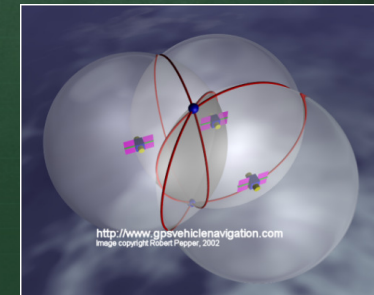
Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Funcionamento do GPS

- Com um terceiro satélite, a intersecção desta última esfera com a circunferência reduz a ambiguidade sobre a nossa localização a 2 pontos.
- Um dos pontos pode ser eliminado pela simples razão de se encontrar no espaço (acima dos satélites). Sabemos que estamos sobre a superfície da Terra, debaixo dos satélites!
- Método de trilateração para determinação do foco de sismos:

[Vídeo 1](#), [Vídeo 2](#)



<http://www.gpsvehiclenavigation.com>  
Image copyright Robert Pepper, 2002

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

10

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Funcionamento do GPS

### Como é determinada a posição do receptor ?

- Uma vez conhecidas as distâncias a cada um dos satélites há que calcular as coordenadas tridimensionais da posição do receptor: XR, YR e ZR.
- $c \times (TS - TR) = [(XS - XR)^2 + (YS - YR)^2 + (ZS - ZR)^2]^{1/2}$  → **Pitágoras para 3D** em que c = velocidade da luz, TS = tempo da emissão, TR = tempo da recepção, XS, YS, ZS = posição do satélite, e XR, YR, ZR = posição do receptor.
- Os **parâmetros conhecidos** são TS (a hora de emissão do sinal), XS, YS, ZS (a posição do satélite) e, claro, a velocidade do sinal c (299792,458 km/s).
- As **incógnitas** são 4: XR, YR, ZR (a posição do receptor).
- 3 incógnitas → 3 equações → 3 satélites.

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

11

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Causas de Erros: Sincronismo Relógios

### Determinação da posição do receptor por triangulação:



Dn por Pitágoras (3D)

$$D^2 = X^2 + Y^2 + Z^2$$

$$Dn^2 = (XSn - XR)^2 + (YSn - YR)^2 + (ZSn - ZR)^2$$

$$Dn = [(XSn - XR)^2 + (YSn - YR)^2 + (ZSn - ZR)^2]^{1/2}$$

Outra forma de calcular Dn:

$$Dn = c \times (TSn - TR)$$

Então:

$$c \times (TSn - TR) = [(XSn - XR)^2 + (YSn - YR)^2 + (ZSn - ZR)^2]^{1/2}$$

3 incógnitas → 3 equações → 3 satélites

$XSn, YSn, ZSn$  = Coordenadas X, Y e Z do satélite n  
 $TSn$  = Hora do satélite n  
 $Dn$  = Distância entre receptor e satélite n  
 $c$  = Velocidade de propagação do sinal = 299792,458 km/s  
 $TR$  = Hora que Receptor recebeu sinal dos n satélites disponíveis. A imprecisão dos relógios do receptor (de quartzo) o impossibilitam informar TR com precisão (causa erro).  
 $XR, YR, ZR$  = Coordenadas X, Y e Z do receptor (a determinar)

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

12

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Sumário

### O QUE É GPS?

### FUNCIONAMENTO DO GPS

### DIFERENTES SISTEMAS

#### SISTEMA GNSS

#### SISTEMA GPS

#### SISTEMA GLONASS

#### SISTEMA GALILEO

### CAUSAS DE ERROS DE AFERIÇÃO

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

13

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Histórico do sistema GNSS

- ❑ Primeiro sistema denominado Transit
- ❑ Lançamento 1960, USA.
- ❑ Utilizava o princípio Doppler para comunicação.
- ❑ Precisão de 200m.
- ❑ A determinação da posição de pontos só era possível em um determinado período aproximado de 1 hora (2h região equatorial, 30min nos pólos).
- ❑ Não fornecia coordenadas tridimensionais (apenas lat. e long.).



GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

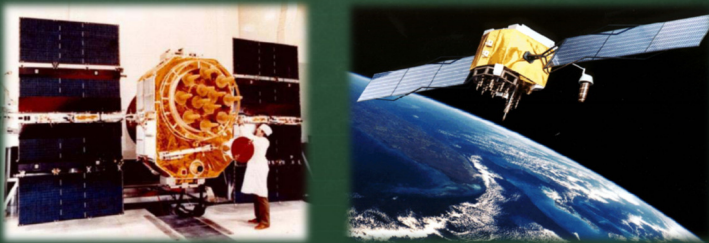
14

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Histórico do sistema GPS

- ❑ NAVSTAR - NAVigation System with Timing And Ranging / Global Positioning System
  - Sistema de posicionamento desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos (década de 60).
  - Fornece a posição e o tempo de modo instantâneo e contínuo sobre toda a superfície da Terra.



Forma e dimensão do satélite do sistema GPS

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

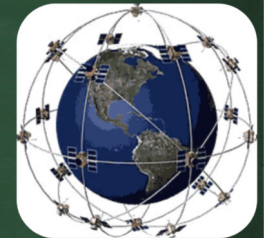
15

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Histórico do sistema GPS

- ❑ Composto por 24 satélites ativos e 3 de reserva.
- ❑ Órbita a **20.200 km** de altitude.
- ❑ **Velocidade** de **11265 km/h** (7000 milhas/h).
- ❑ Distribuídos em 6 planos orbitais, a cada 30°
  - 0°, 30°, 60°, 90°, 120°, 150°
- ❑ 12 horas siderais p/ dar 1 volta na Terra (**2 voltas** na Terra **por dia**)
- ❑ Esta distribuição garante que **qualquer ponto** da **superfície** da **Terra** está, a qualquer hora, "visada" com **pelo menos 4 satélites**.
- ❑ Inicialmente criado com intuítos exclusivamente militares e gerido pelo Departamento de Defesa do Estados Unidos.
- ❑ A partir de 2000, habilitado para uso público, capacitando a determinação da posição geográfica e de navegação entre quaisquer dois pontos da superfície terrestre.



GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

16

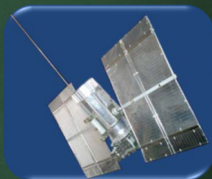
Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ





## Características do sistema GLONASS

- ❑ Sistema russo alternativo ao GPS.
- ❑ 1º bloco lançado em 1982. Totalmente operacional desde 2009.
- ❑ Estrutura:
  - 24 satélites.
  - 3 planos orbitais.
  - 64.8° de inclinação dos planos orbitais em relação ao plano do equador
  - 19.100 km de altura acima da superfície da Terra.



GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

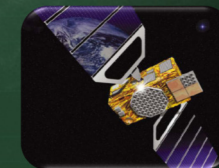
17

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Características do sistema GALILEO

- ❑ Sistema europeu concebido desde o início como um projeto civil, em oposição ao GPS americano, ao GLONASS russo e ao Compass chinês que são de origem militar.
- ❑ Vantagens: maior precisão, maior segurança (possibilidade de transmitir e confirmar pedidos de ajuda em caso emergência) e menos sujeito a problemas.
- ❑ Além disso, o sistema será inter-operável com os outros dois sistemas já existentes, permitindo uma maior cobertura de satélites.
- ❑ Totalmente operacional em 2013.
- ❑ Estrutura:
  - 30 satélites (27 + 3 sobressalentes).
  - 3 planos orbitais com 56° de inclinação em relação ao plano do equador.
  - 24.000 km de altura acima da superfície da Terra.



GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

18

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Sumário

**O QUE É GPS?**

**FUNCIONAMENTO DO GPS**

**DIFERENTES SISTEMAS**

**SISTEMA GNSS**

**SISTEMA GPS**

**SISTEMA GLONASS**

**SISTEMA GALILEO**

**CAUSAS DE ERROS DE AFERIÇÃO**

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

19

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Erros do sistema de navegação por satélite

- ❑ Sincronismo Relógios
- ❑ Ionosfera
- ❑ Troposfera
- ❑ Multicaminhamento
- ❑ DOP
- ❑ *Selective Availability*

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

20

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Causas de Erros: Sincronismo Relógios

- ❑ Dado que a velocidade de propagação do sinal é de 300.000 km/s, 1 segundo de dessincronia entre os relógios geraria erro na medida de distância equivalente a 300.000 km!
- ❑ Dessincronia entre relógios do satélite e receptor:
  - Os relógios dos **receptores** possuem um oscilador de quartzo – **baixa precisão**.
  - O relógio (atômico) embarcado no **satélite** GPS possui um oscilador de Césio/Rubídio – **alta precisão**.
- ❑ Dado a causa de erro pela dessincronia entre os relógios do satélite e do receptor, o Tempo de Recebimento do receptor (TR), passa a representar mais uma incógnita a ser determinar: **TR = ?...**

**OBS: É POSSÍVEL Determinar a posição do receptor com 3 satélites. Entretanto, neste caso, o TR, aferido pelo relógio de quartzo acarretará no aumento do erro da aferição. Solução.....**

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

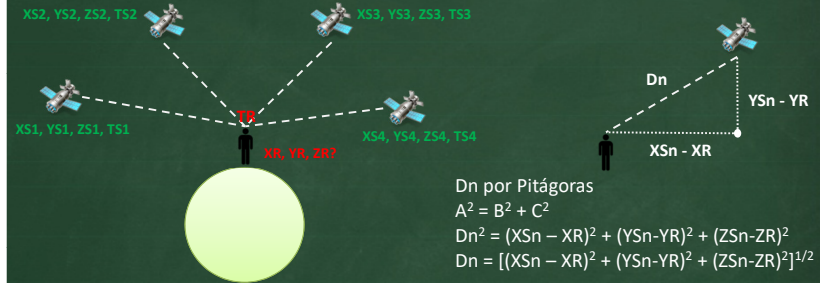
21

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRRJ



## Causas de Erros: Sincronismo Relógios

Determinação da posição do receptor por triangulação com 4 satélites:



Dn por Pitágoras  
 $A^2 = B^2 + C^2$   
 $Dn^2 = (XSn - XR)^2 + (YSn - YR)^2 + (ZSn - ZR)^2$   
 $Dn = [(XSn - XR)^2 + (YSn - YR)^2 + (ZSn - ZR)^2]^{1/2}$

Outra forma de calcular Dn:  
 $Dn = c \times (TSn - TR)$

$XSn, YSn, ZSn$  = Coordenadas X, Y e Z do satélite n  
 $TSn$  = Hora do satélite n  
 $Dn$  = Distância entre receptor e satélite n  
 $c$  = Velocidade de propagação do sinal = 299792,458 km/s  
 $TR$  = Hora que Receptor recebeu sinal dos n satélites disponíveis. A imprecisão dos relógios do receptor (de quartzo) o impossibilitam informar TR com precisão.  
 $XR, YR, ZR$  = Coordenadas X, Y e Z do receptor (a determinar)

Então:  
 $c \times (TSn - TR) = [(XSn - XR)^2 + (YSn - YR)^2 + (ZSn - ZR)^2]^{1/2}$   
**4 incógnitas → 4 equações → 4 satélites**

**Como bônus, temos em nossas mãos um relógio tão preciso quanto os mais caros relógios atômicos!**

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

22

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRRJ



## Causas de Erros: Ionosfera

- ❑ O comportamento normal da **ionosfera** é **alterado** por determinados **fenômenos** que ocorrem na **superfície solar** como sejam **explosões solares**, provocando forte perturbação das camadas ionosféricas ionizando-as na região dos pólos.
- ❑ Durante o período em que a terra está exposta a estas anomalias as características das diversas camadas é alterada e severas perturbações ocorrem nos sistemas de comunicação.
- ❑ Todas as **variações** que acontecem na **ionosfera** são **mais ou menos previsíveis** e **dependem** principalmente da **atividade solar** e do **grau de ionização** que as **radiações solares** provocam na ionosfera. Deste modo **pode-se**, com os conhecimentos atuais, **prever as condições** de **propagação** dentro de certos limites.
- ❑ Modelos ionosféricos de correção:
  - Correção IONfree
  - Klobuchar

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

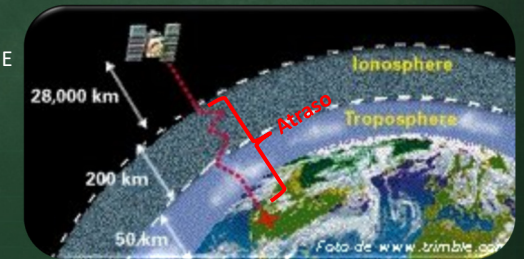
23

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRRJ



## Causas de Erros: Troposfera

- ❑ A troposfera é a camada gasosa da atmosfera, que se estende da superfície terrestre até aproximadamente 50 km de altura.
- ❑ O **atraso troposférico** é relativamente pequeno (**cerca de 1m**).
- ❑ O atraso na troposfera depende de: **temperatura, umidade e pressão que variam com a altitude local**.
- ❑ Modelos troposféricos de correção:
  - HOPFIELDHOPFIELD
  - SAASTAMOINEMSAASTAMOINE



Distorção do sinal ao passar pela troposfera e ionosfera

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

24

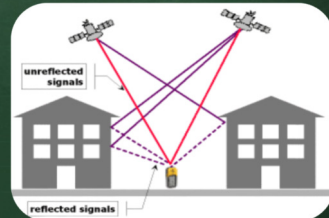
Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRRJ





## Causas de Erros: Multicaminhamento

- ❑ Nem sempre o sinal que chega ao receptor é o sinal diretamente transmitido pelo satélite.
- ❑ O sinal recebido pode ser aquele rebatido de algum objeto na superfície da Terra.
- ❑ Como o sinal refletido possui intensidade menor que o original, o receptor pode facilmente desconsiderá-lo.
- ❑ Para minimizar o efeito do multicaminhamento existem alguns modelos de antenas.



Blindagem em antenas para bloquear sinais de multicaminhamento Multicaminhamento: Receptor recebendo diversas vezes o mesmo sinal

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

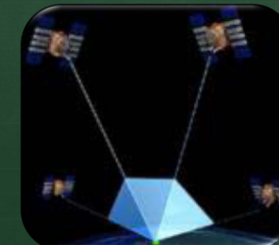
25

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ

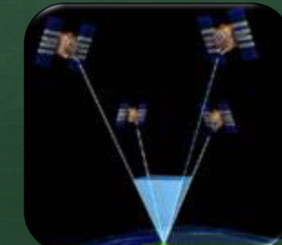


## Causas de Erros: DOP - Diluição da Precisão

- ❑ A qualidade do levantamento está relacionada também com a geometria dos satélites na hora do rastreo.
- ❑ O DOP é um indicativo dessa geometria dos satélites rastreados, consequentemente da qualidade dos dados a serem obtidos.
- ❑ O PDOP pode ser interpretado como o inverso do volume do tetraedro formado pelos 4 satélites e da antena do receptor do usuário – quanto menor DOP mais preciso.



PDOP bom



PDOP ruim

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

26

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Causas de Erros: SA – Selective Availability

- ❑ Degradação intencional do sinal imposta pelo Departamento de Defesa Norte-Americano.
- ❑ Era pretendido que o SA impedisse os adversários militares de usar os sinais altamente precisos de GPS. Erros da ordem de 100 metros.
- ❑ O Governo do EUA retirou ([decreto](#)) o SA em maio de 2000, o que melhorou significativamente, a precisão dos receptores de GPS civil.
- ❑ Por estes motivos, de controle e distorções impostas pelos EUA, a Europa, Rússia e outros países lançaram seus próprios sistemas de posicionamento por satélite.
- ❑ Vídeo [“Como funciona o GPS”](#)

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

27

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Sumário

**TÉCNICAS DE MELHORA DO SINAL**

**DGPS**

**WAAS, WADGPS**

**VANTAGENS E LIMITAÇÕES**

**EXEMPLOS DE APLICAÇÃO**

**REFERÊNCIAS**

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

28

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## DGPS – Posicionamento Diferencial em Tempo Real

- ❑ DGPS - GPS Diferencial
- ❑ Princípio: um receptor permanece observando os satélites em um ponto conhecido (base).
- ❑ Pode-se comparar o resultado obtido do rastreo com o que é conhecido e assim obter uma correção.
- ❑ Esta é aplicada ao receptor itinerante através de um link de rádio.

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

29

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## DGPS – Posicionamento Diferencial em Tempo Real

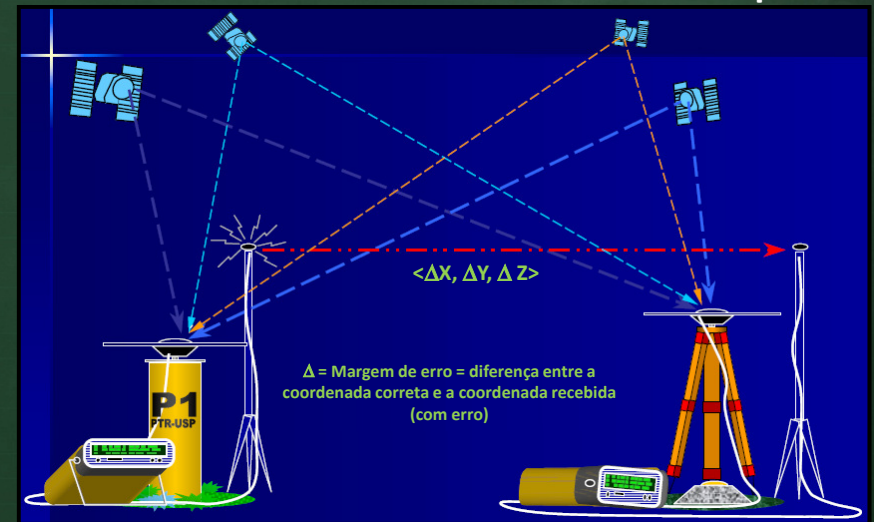


Diagrama de operação do sistema DGPS: receptor base mensura erro e transmite correção para receptor

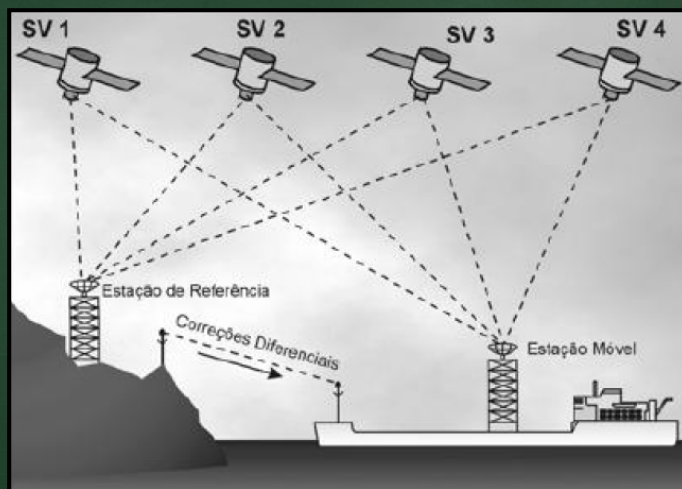
GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

30

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## DGPS – Posicionamento Diferencial em Tempo Real



DGPS: Estação base recebe coordenadas do GPS, constata o erro e informa a correção à estação móvel através de um link de rádio

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

31

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## DGPS – Posicionamento Diferencial em Tempo Real

### ❑ RTK: Real Time Kinematic

- Esta técnica é um tipo de posicionamento relativo, porém em tempo real. É relativo porque um receptor ocupa um ponto de coordenadas conhecidas e calcula a diferença entre elas e as coordenadas observadas.
- Através de um **rádio, transmite-se essa diferença** para a estação móvel que também possui um rádio o qual recebe esta informação.
- A sua **precisão** pode chegar a **1 a 2 cm**. Sua precisão varia de acordo com o local e da distância do receptor base (limitada pelo alcance do rádio).



Estação Rover



Estação Base

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

32

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ





## WAAS - Wide Area Augmentation System

- ❑ Medida de correção e aprimoramento das coordenadas GPS.
- ❑ Implantada pelo Departamento de Transportes dos EUA visando adequar os requisitos para navegação marítima e aérea.
- ❑ Composta por aproximadamente **25 estações** base pelos **EUA** que **recebem e corrigem erros** de sinais **como perturbação ionosférica, troposférica, relógio**, etc.
- ❑ Sua **operação é análoga** ao sistema **DGPS**. **Utilizam satélites geostacionários para transmitir as correções aos veículos**.
- ❑ Europa (EGNOS), Japão (MSAS) e outros países também estão desenvolvendo programas semelhantes a fim de aproveitar o sistema de posicionamento aplicado aos seus sistemas de transportes.

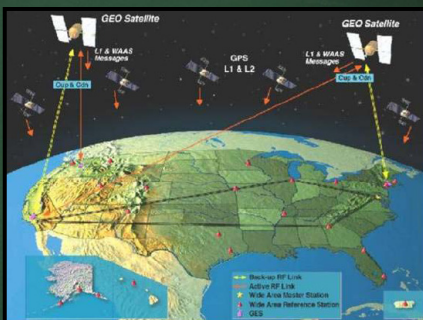


Ilustração da operação do WAAS

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

33

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## WADGPS na América do Sul



Diagrama de operação do sistema WADGPS

- ❑ Link de dados envolve **transmissão da correção** via **satélites geostacionários (L)** ou rádio.
- ❑ Correções a partir das **estações de referência ( )** mais próximas do receptor.
- ❑ Sistema **privado** (pagar assinatura).
- ❑ **Precisão da correção 1 a 2m**.
- ❑ Vantagens
  - sinal permanente
  - grande cobertura
  - economia da base
  - aumento produtividade
  - navegação e locação

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

34

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Sumário

TÉCNICAS DE MELHORA DO SINAL

DGPS

WAAS, WADGPS

VANTAGENS E LIMITAÇÕES

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

REFERÊNCIAS

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

35

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Vantagens

- ❑ Serviço gratuito
- ❑ Extremamente preciso
- ❑ Sistema Autônomo - Cobertura mundial por 24hs
- ❑ Qualquer condição de tempo
- ❑ Sistema estável - Devido à órbita elevada.
- ❑ Hora precisa - Receptor corrige constantemente baseado no relógio atômico dos satélites

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

36

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Limitações:

- Requer equipamentos adicionais para maior precisão:
  - Antenas, DGPS, WAAS, etc.
- 3 satélites no mínimo (idealmente 4 satélites):
  - Necessita de perfeita visibilidade com os satélites acima do horizonte (sem ocultações)
- Interferências com o sinal (opera por radiofrequência)
- Dificuldades de funcionamento em zonas muito arborizadas e edificadas

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

37

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Exemplos de aplicação do sistema GPS



Agricultura de Precisão

Mapeamento de infraestrutura de redes



Controle de frotas e navegação: Carros de polícia, bombeiros, ônibus, caminhões, frotas táxis,...

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

38

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ



## Exercícios

7. Sobre o Sistema de Posicionamento Global (GPS) É CORRETO afirmar:

- A. O primeiro sistema de satélites colocado à disposição do meio civil foi o sistema de satélites GLONASS, disponível para tal desde 1985.
- B. O Sistema de Posicionamento Global - GPS foi projetado e desenvolvido pelo Departamento de Defesa Russo.
- C. O GPS consiste em um conjunto de 12 satélites, os quais são distribuídos por 4 órbitas planas.
- D. A constelação atual de satélites GPS permite que, em qualquer lugar da superfície terrestre, dados de pelo menos três satélites possam ser observados.
- E. Cada plano de órbita dos satélites do sistema GPS possui uma inclinação de 30 graus em relação ao plano do Equador. Todos os satélites estão a cerca de 6.000 Km acima da terra.

8. Relacione tipos de erros que afetam os dados GPS:

- I. Atraso das medidas da pseudodistância e o avanço equivalente da medida da fase portador, devido aos elétrons livres da ionosfera.
  - II. Diferença entre o tempo do satélite e tempo do sistema GPS.
  - III. Erro devido ao fenômeno da recepção e sobreposição de sinais refletidos.
  - IV. Degradação intencional imposta aos sinais GPS, através da manipulação de dados das efemérides transmitidas e dos relógios dos satélites.
- A. I - Troposfera; II - Erro do relógio do satélite; III - Coeficiente DOP; IV - Antispoofing (AS).
  - B. I - Ionosfera; II - Erro do relógio do receptor; III - Perda de ciclos; IV - Cut-off-angle.
  - C. I - Ionosfera; II - Erro do relógio do receptor; III - Multicaminhamento; IV - Selective Availability (SA).
  - D. I - Troposfera; II - Ruído no código do receptor; III - Coeficiente DOP; IV - Multicaminhamento.
  - E. I - Ionosfera; II - Erro do relógio do satélite; III - Multicaminhamento; IV - Antispoofing (AS).

9. Sobre outros Sistemas de Posicionamento popularmente conhecidos, NÃO É CORRETO afirmar:

- A. A referência geodésica do Sistema GLONASS é o SIRGAS.
- B. O Sistema GLONASS - Global Navigation Satellite System - foi desenvolvido pela antiga URSS, lançado em órbitas circulares, inclinadas de 64,8° e uma altitude aproximada de 19.100 Km acima da superfície terrestre.
- C. O projeto planejado do Sistema GLONASS previu uma constelação de satélites divididos em 3 planos orbitais.
- D. O Sistema GALILEO foi desenvolvido pela União Européia.
- E. Politicamente, os EUA através de seu Departamento de Defesa exerce o controle total do GPS, podendo interferir na precisão do sistema a qualquer momento.

## Referências

Como funciona o GPS:

- [http://www.guia4ventos.com.br/artigos/gps\\_comousar.htm](http://www.guia4ventos.com.br/artigos/gps_comousar.htm)

Informações sobre GPS: <http://tycho.usno.navy.mil/gps.html>

GALILEO home-page: [www.galileo-pgm.org](http://www.galileo-pgm.org)

GLONASS home-page: [http://www.glonass-center.ru/frame\\_e.htm](http://www.glonass-center.ru/frame_e.htm)

Projeto SIRGAS:

- <http://www1.ibge.gov.br/home/geografia/geodesico/sirgas/principal.htm>

Dados da RBMC:

- <http://www.ibge.gov.br/home/geografia/geodesico/rbmcpsq.shtm>

Rede GPS do Estado de São Paulo:

- <http://www.ptr.poli.usp.br/ltg/proj/RedeSP/Rede-SP.htm>

GPS - Sistema de Posicionamento por Satélites Artificiais

40

Prof. Tiago Badre Marino - Geoprocessamento - Departamento de Geociências - Instituto de Agronomia - UFRRJ

