



Global Navigation Satellite Systems (GNSS)

Prof. Dr. Peterson Ricardo Fiorio

Dep. Eng. Rural – ESALQ/USP



Global Positioning System

GPS
GNSS

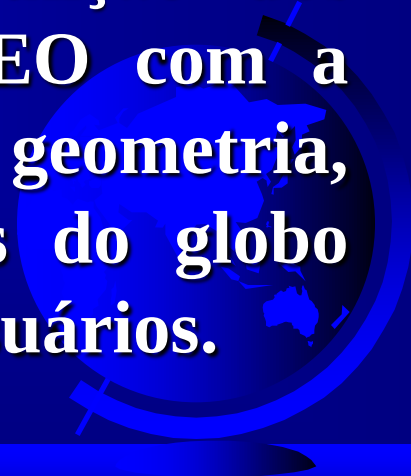




O termo *Global Positioning System* (GPS) é aplicado para sistemas que realizam o posicionamento baseado por satélites operacionalizado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos.



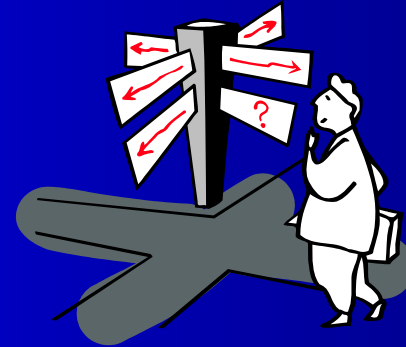
O atual GNSS é o resultado da junção dos Sistemas GPS, GLONASS e GALILEO com a finalidade de garantir melhoria na geometria, disponibilidade para todas as regiões do globo terrestre, integridade e confiança aos usuários.





INTRODUÇÃO

- ☞ **Necessidade intrínseca do Homem saber onde está e onde vai!**

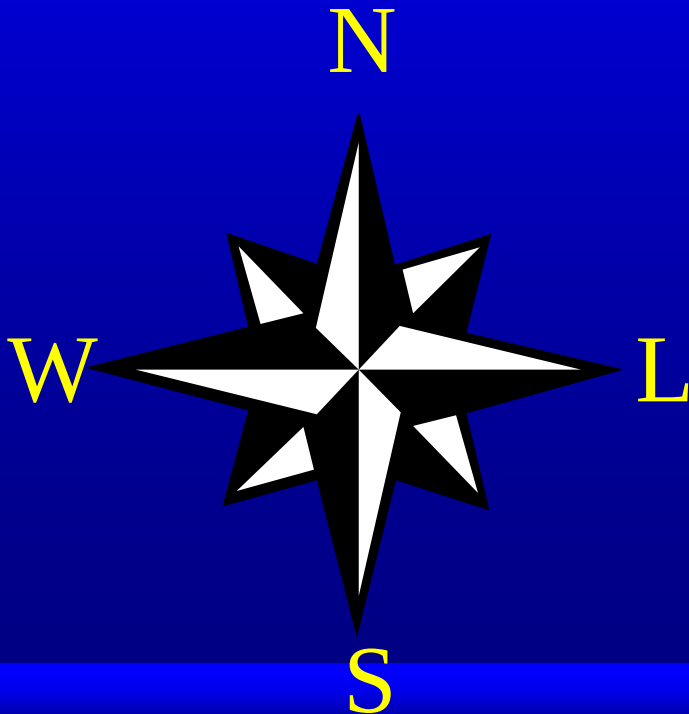


- ☞ **Inicialmente posicionava-se pelas estrelas (navegação celeste);**





➡ No século XIV utilizado em navegação (cartografia náutica) e mapeamento das novas rotas marítimas e do novo mundo;





➡ Com a evolução tecnológica houve avanços no sistema de posicionamento;





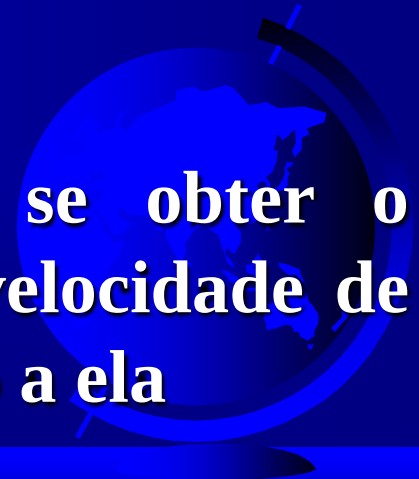
⇒ 1957 Sputnik
⇒ 1958 Vanguard

Rastreamento de
Satélites

GUERRA
FRIA

GPS

⇒ O sistema GPS foi projetado para se obter o posicionamento instantâneo bem como a velocidade de um ponto na superfície da terra ou próximo a ela





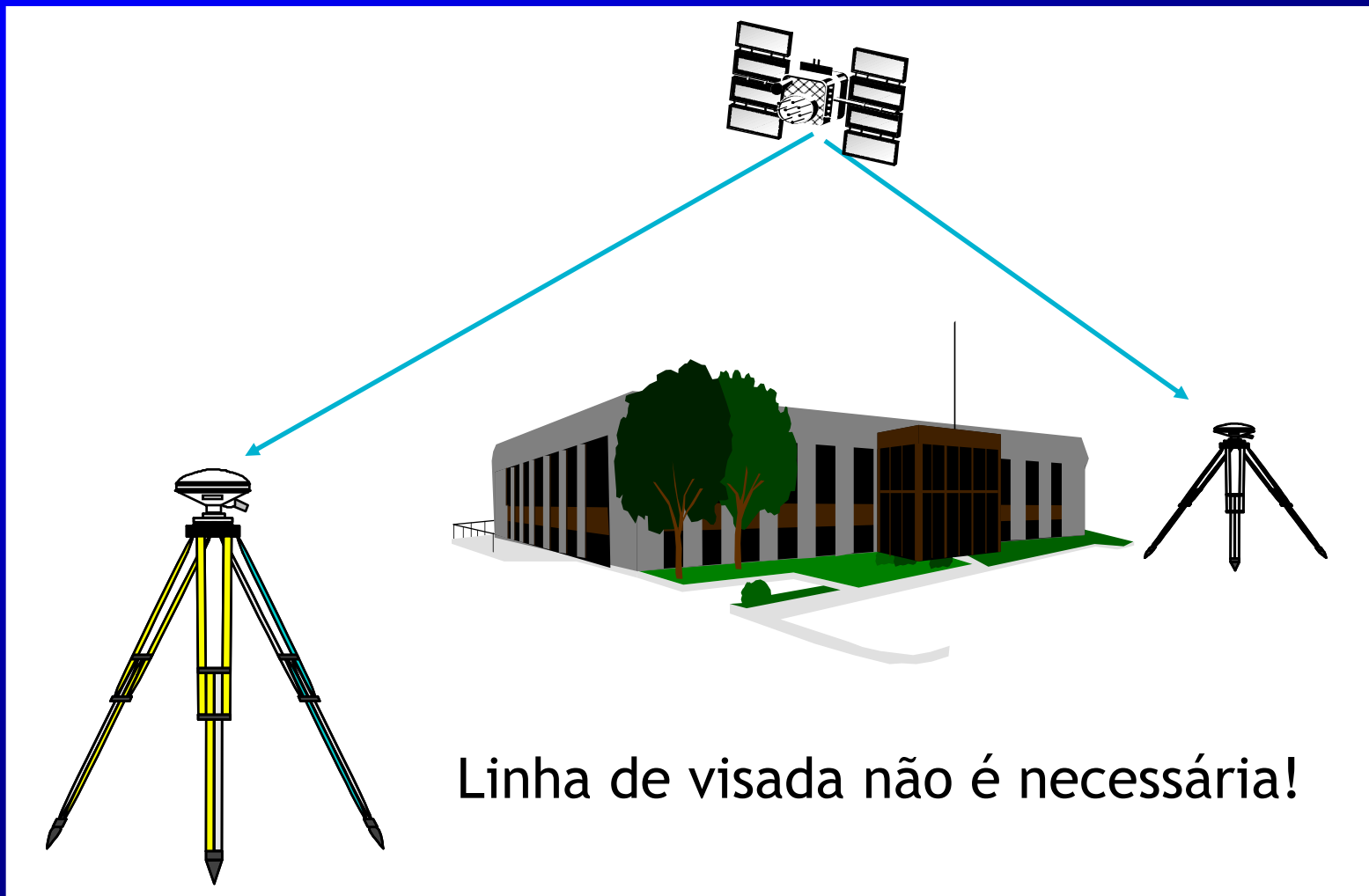
Características

- ① Disponibilidade contínua 24 horas / dia
- ① Cobertura Global
- ① Latitude / Longitude / Altitude / Data-hora
- ① Precisão ≤ 100 metros 95% do tempo
- ① Precisão diferencial sub-centimétrica



GPS

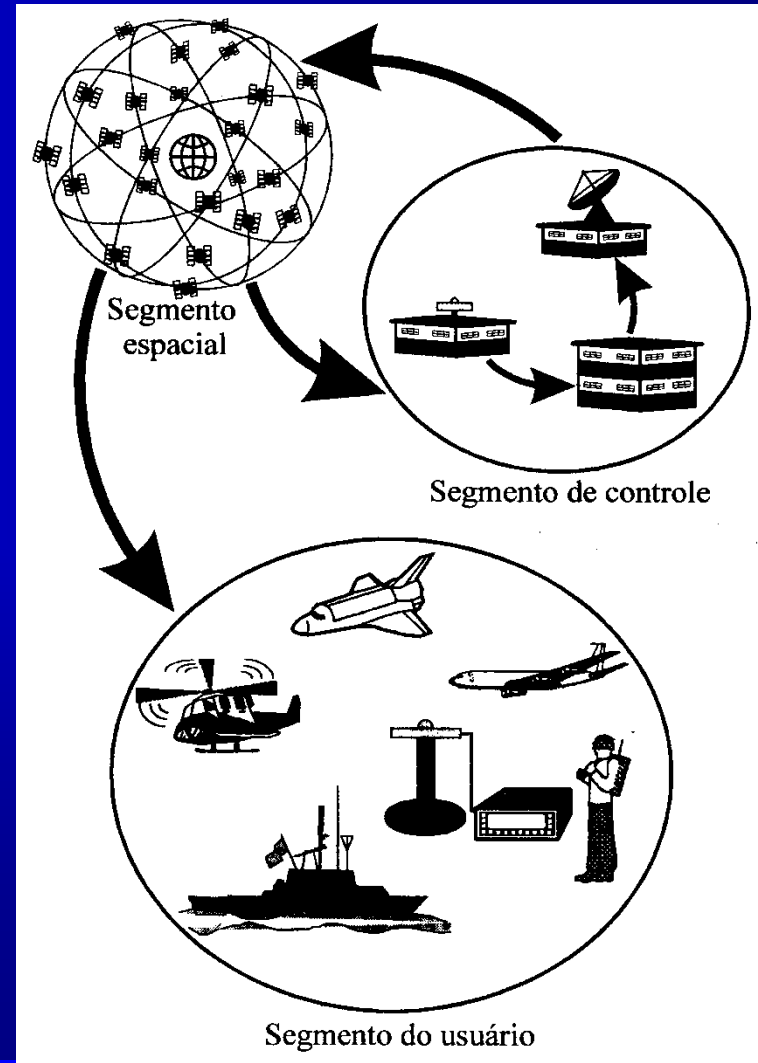
Características





Características

- 🌐 O sistema GPS é dividido em três segmentos principais:
1. O *segmento espacial*, constituído pelos satélites que transmitem os sinais usados no posicionamento GPS;
 2. O *segmento de controle*, que é responsável pela manutenção do sistema;
 3. O *segmento de usuários*, contendo todas as aplicações e tipos de receptores.

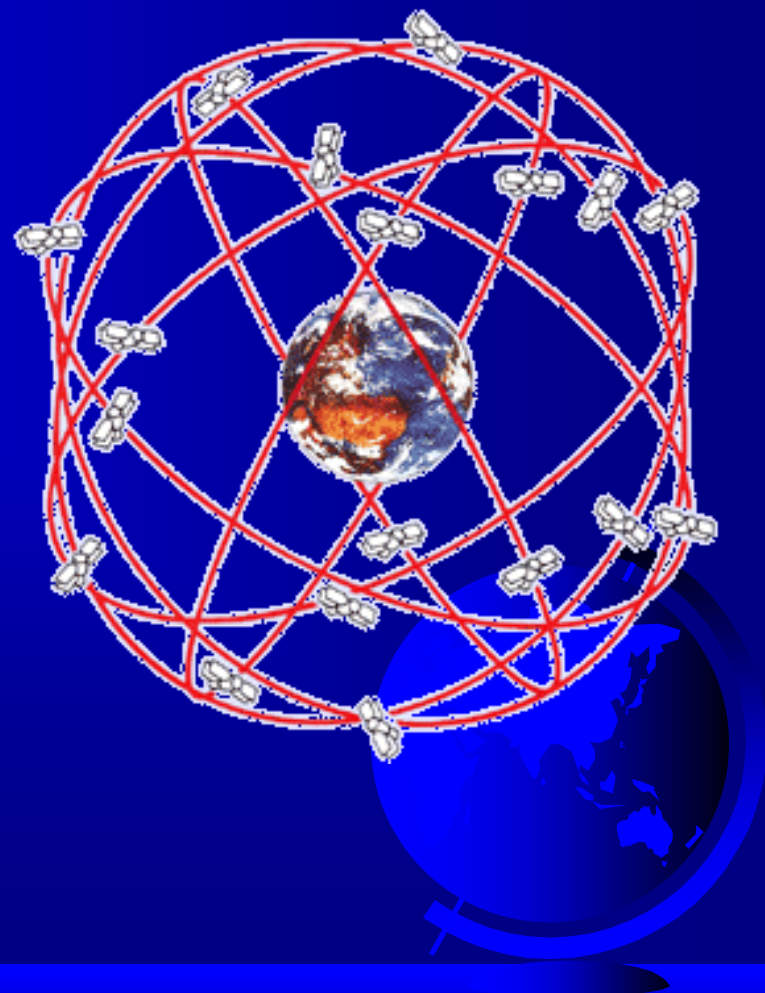




Segmento espacial

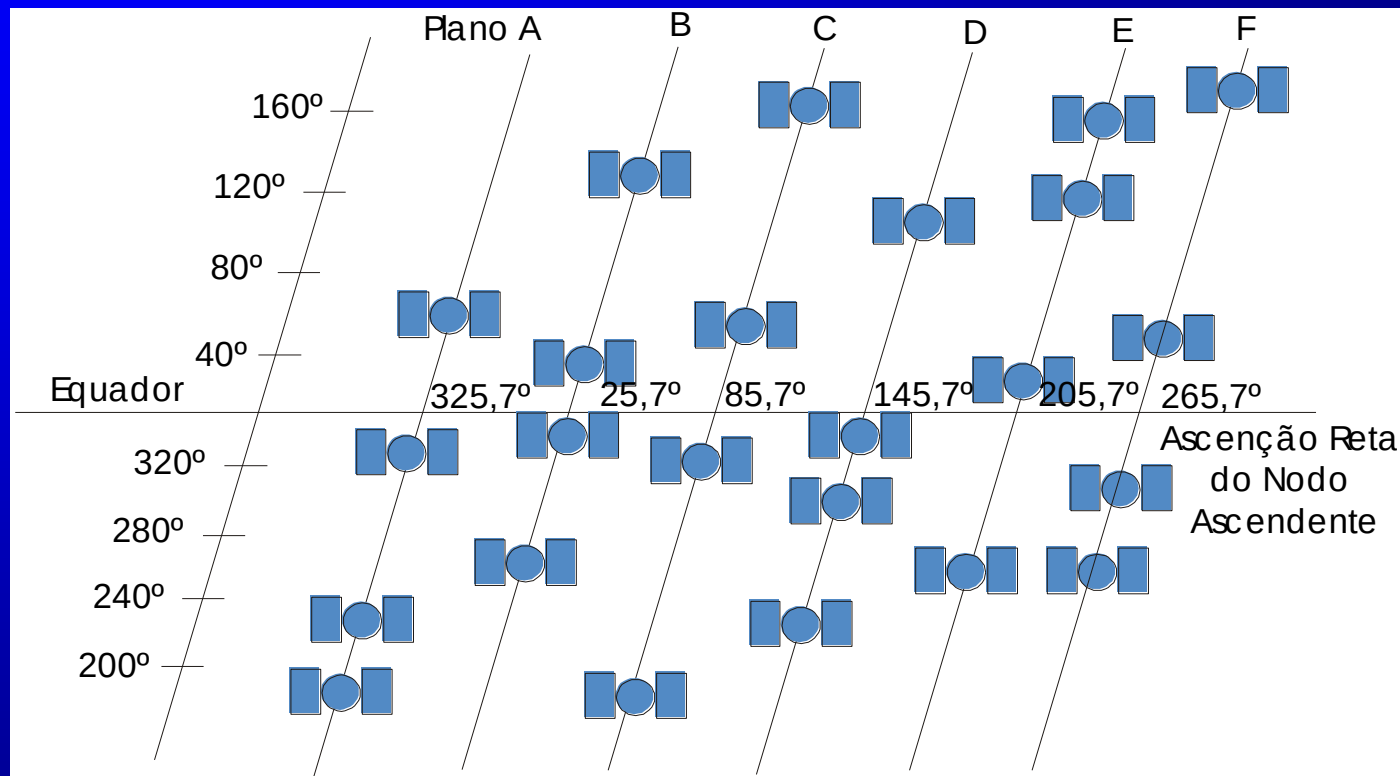
- ④ 24/25 satélites na constelação final
 - 6 planos com inclinação 55°
 - em cada plano 4 satélites

- ④ Órbita muito alta
 - 20.183 km, 12.545 milhas
 - período aprox. 12 horas
 - grande autonomia
 - cobertura global





Segmento espacial



Distribuição dos satélites GPS nos planos orbitais (Monico, 2000)



Back



Forward



Reload



Home



Search



Netscape



Print



Security



Shop



Stop



Bookmarks

Location: <http://pcgo.if.ufrgs.br/GPS/gps.htm>

What's Related



Instant Message



WebMail



Radio



People



Yellow Pages



Download



Calendar

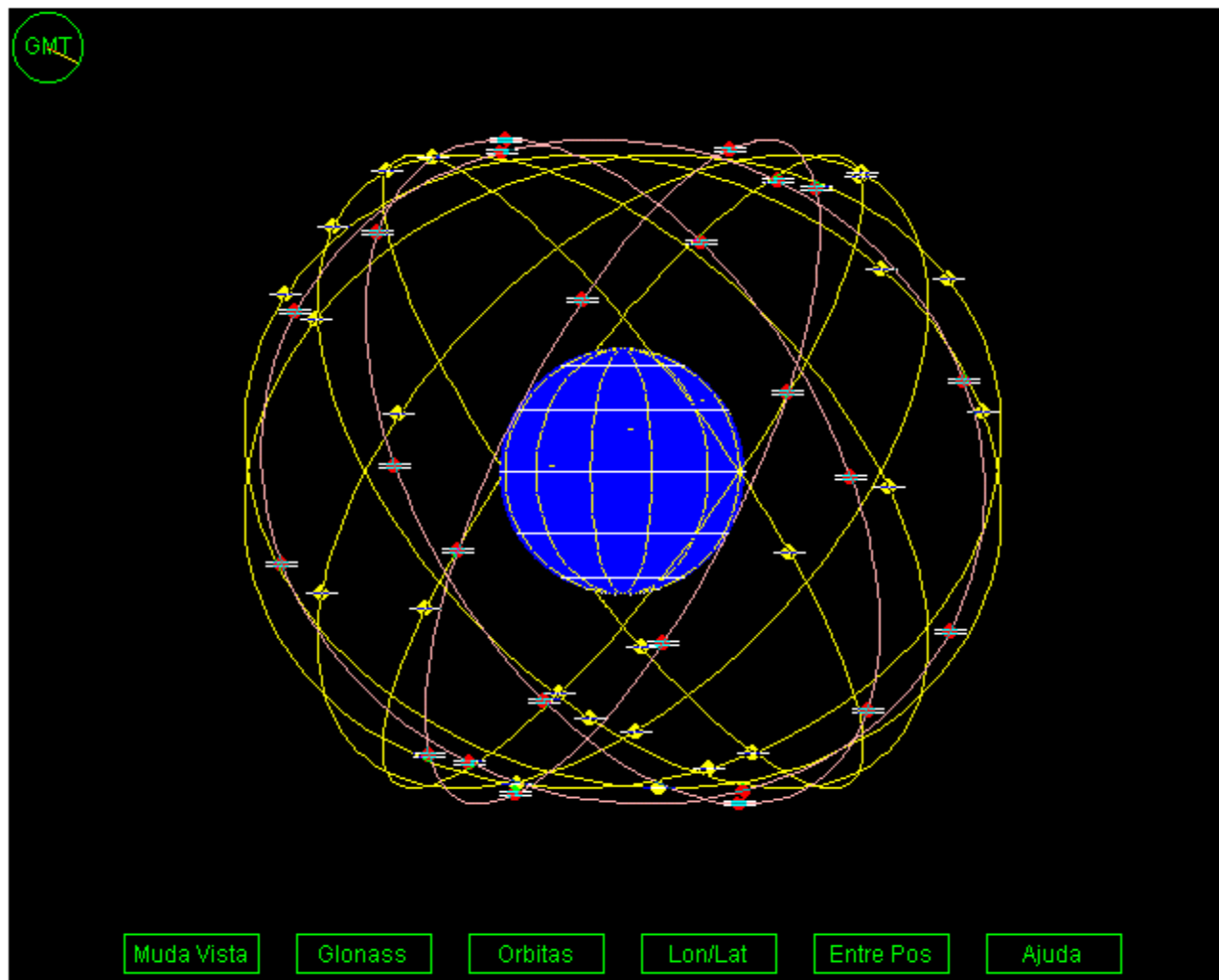


Channels



RealPlayer

Simulação dos satélites GPS e GLONASS





Segmento espacial

- 🌐 **Bloco I:** foram lançados 11 satélites (pesando 845 kg), considerados protótipos, o primeiro foi lançado em 22/02/1978 e o último em 09/10/1985. O último satélite operacional desta série (PRN 12) foi desativado no final de 1995 . Autonomia de 3,5 dias, sensores que detectavam explosões nucleares ocorridas na atmosfera ou no espaço, além de realizar o posicionamento na terra





Segmento espacial

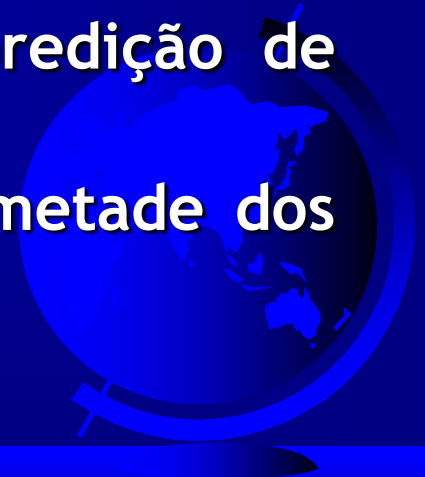
- ① **Bloco II:** Nesta classe, foram lançados 9 satélites (pesando 1500 kg) pela Air Force Base (AFB), entre 1989-1990, do Centro Espacial Presidente Kennedy (Cabo Canaveral, Flórida), com foguetes Delta II.
- ① **Bloco IIA** (A significa *advanced* ou avançado): nesta classe, os satélites passaram a ter capacidade de comunicação mútua. Foram lançados entre 1990 e 1997 e mantêm as demais especificações daqueles do Bloco II.





Segmento espacial

- 🌐 **Bloco IIR (R significa *replacement* ou substituição):** os satélites desta classe começaram a ser lançados em 1997; atualmente há 8 deles em órbita. As principais inovações são:
1. são equipados com osciladores de hidrogênio, que são pelo menos uma ordem de grandeza mais precisos que os osciladores de césio;
 2. melhorias na parte de comunicação e predição de órbita a bordo;
 3. pesam mais de 2.000 kg, mas custam a metade dos anteriores.





Segmento de controle

A cargo do DoD (Department of Defense) - USA

Tarefas:

- Determinação da órbita precisa de cada satélite;
- Modelagem matemática para predição destas órbitas;
- Sincronização dos sistemas de relógio dos satélites;
- Controle de degradação dos sinal - (1997);
- Correção do posicionamento dos satélites;
- Controle de lançamentos de novos satélites;

- ➔ Estação Mestra: Base Falcon (USAF) - Colorado Springs
- ➔ Estações de Monitoramento : Hawaii, Atlântico Sul, Oceano Índico e Pacífico





Segmento do usuário

- ➔ Portadoras e códigos
- ➔ Conjunto de Usuários do Sistema
- ➔ Diversos Tipos de Receptores





Característica do Sinal

Portadoras:

Frequência Fundamental - 10,23 MHz

L1 = 10,23 MHz $\times$ 154 = 1575,42 MHz, com $\lambda \approx 19$ cm

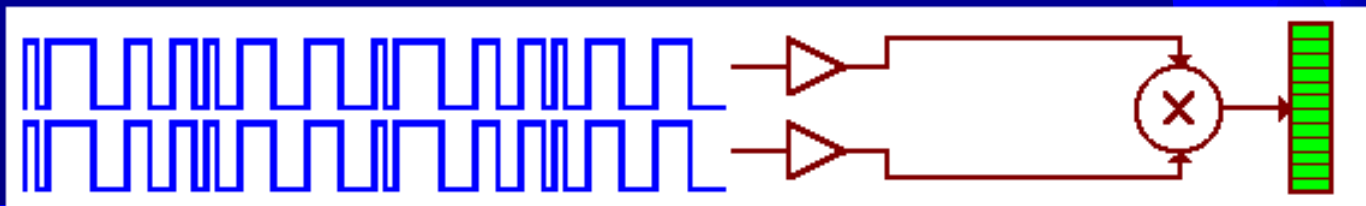
L2 = 10,23 MHz $\times$ 120 = 1227,60 MHz, com $\lambda \approx 24$ cm

Códigos:

Código P: (precision code) com frequência de 10.23MHz. (L1 e L2)

Código C/A: (coarsel /aquisition code) com frequência de 1.023MHz (L1)

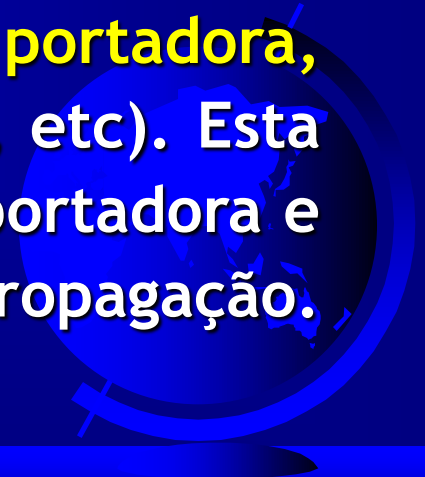
Código Y ou AS: (anti spoofing) gerada a partir de uma equação secreta e tinha função controlar o uso do sistema. (1997)





Característica do Sinal

- ④ As portadoras trazem também moduladas as mensagens de navegação que contém os **parâmetros orbitais**, os **dados para a correção da propagação ionosférica**, os **parâmetros para correção do erro dos relógios dos satélites**, **informações sobre a saúde dos satélites**, etc.
- ④ Com esta breve explanação, pode-se observar que há três tipos de sinais envolvidos no GPS: **a portadora**, **os códigos e os dados** (navegação, relógio, etc). Esta estrutura permite não só medir a fase da portadora e sua variação, mas também o tempo de propagação. (Monico, 2000).

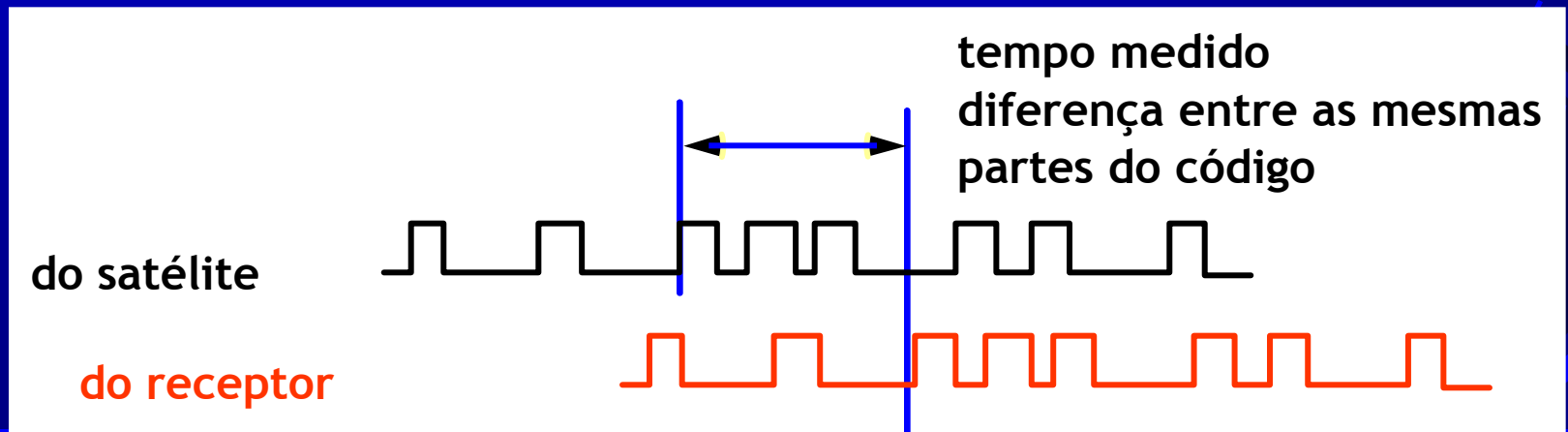




Característica do Sinal

Uma das boas idéias do GPS:

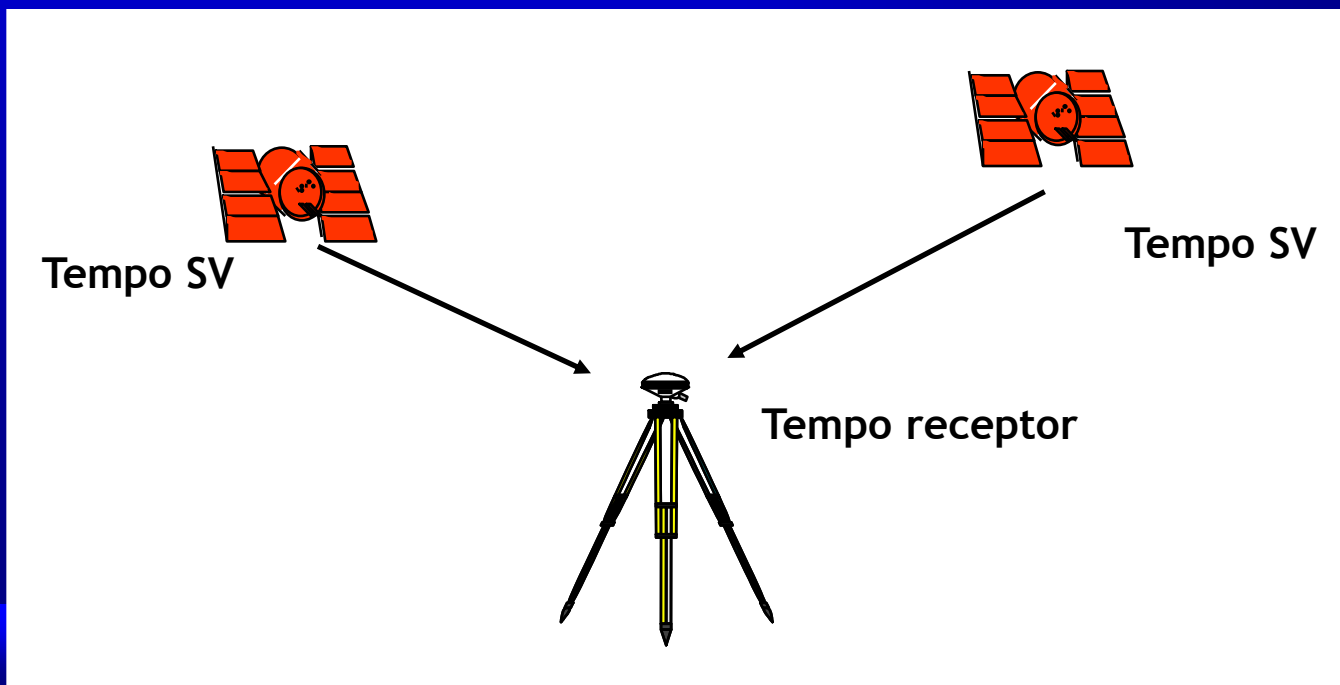
- 🌐 Usar o mesmo código no satélite e no receptor;
- 🌐 Sincronizar satélite e receptor, gerando o mesmo código ao mesmo tempo;
- 🌐 Quando o código chega do satélite se conhece quanto tempo atrás o receptor gerou o mesmo código;





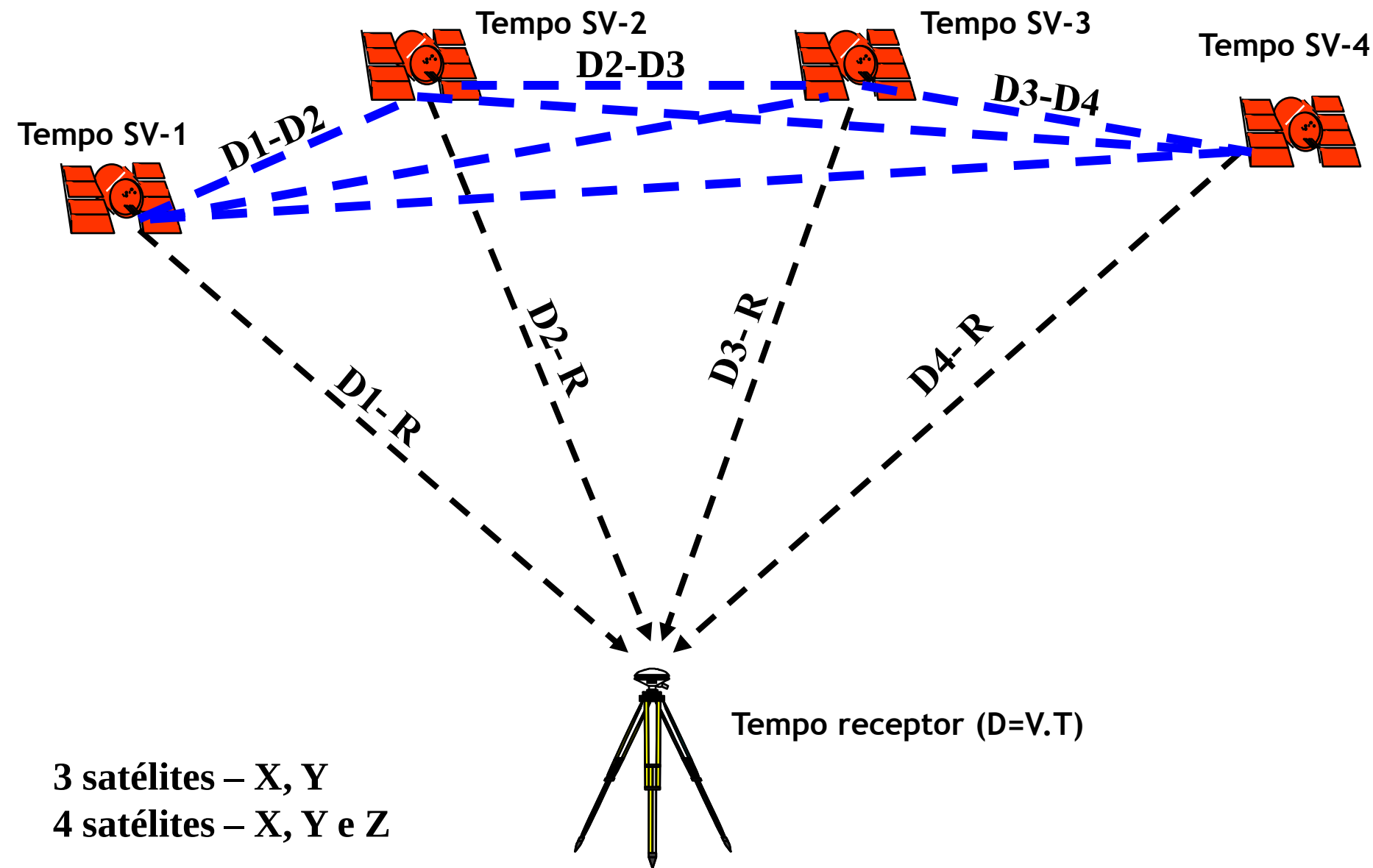
Princípio de Funcionamento

- 🌐 Fórmula simples: **Distância = Velocidade X Tempo**
- Distância = Distância ao satélite (Pseudorange)
 - Tempo = tempo de percurso do sinal satélite-receptor
 - ◆ Quando o sinal deixou o satélite?
 - ◆ Quando o sinal chegou no receptor?
 - Velocidade = Velocidade da luz





Princípio de Funcionamento





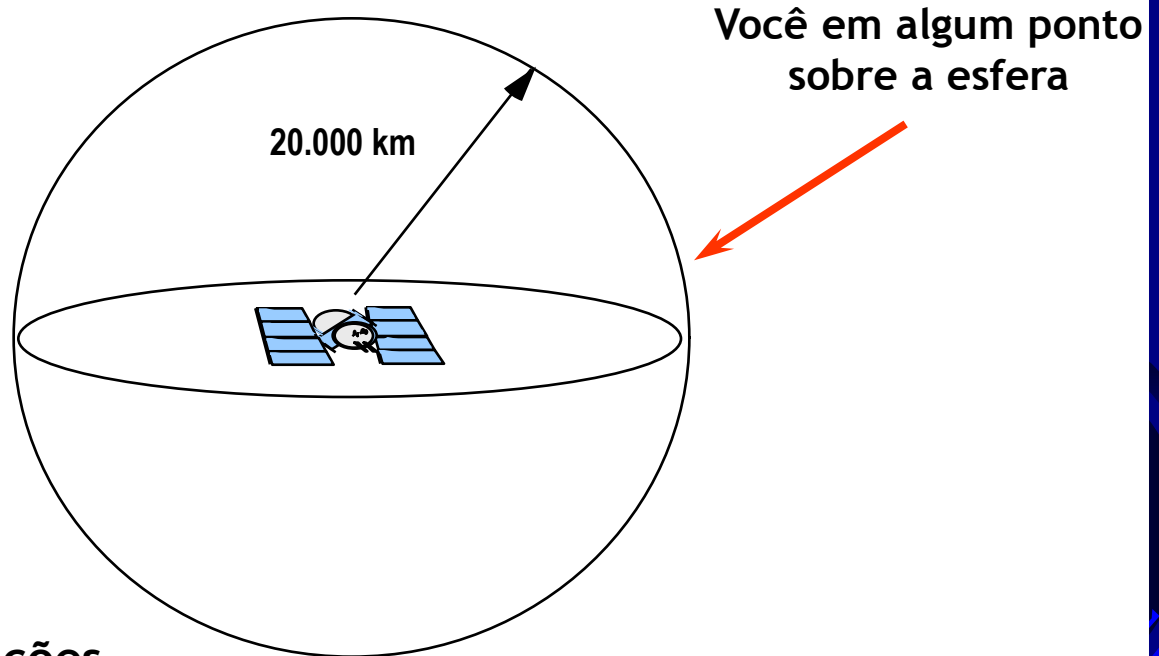
Princípio de Funcionamento

- 🌐 A partir de distâncias a vários satélites pode-se obter a posição por meio de uma equação matemática.
- 🌐 Uma medição fornece a posição sobre a superfície de uma esfera.

4 incógnitas:

1. Latitude
2. Longitude
3. Altitude
4. Tempo

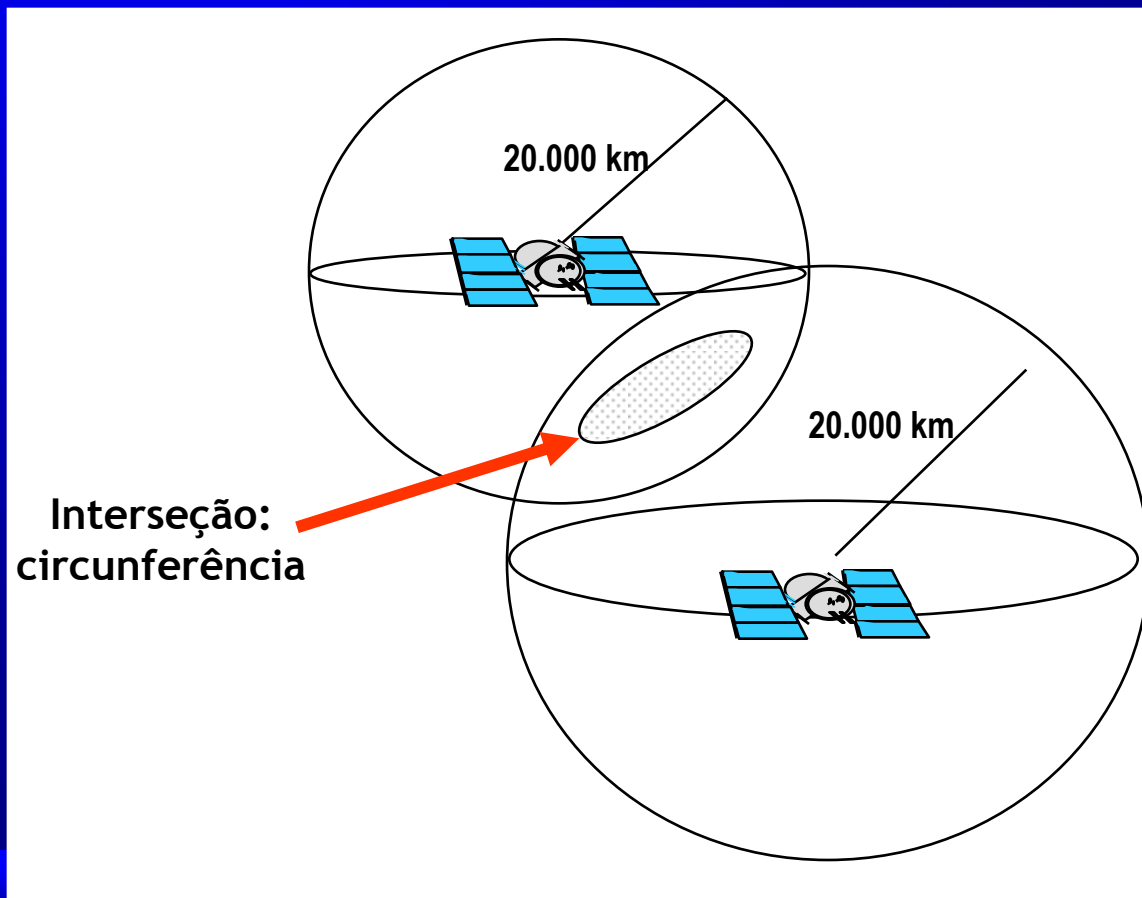
São necessárias 4 equações





Princípio de Funcionamento

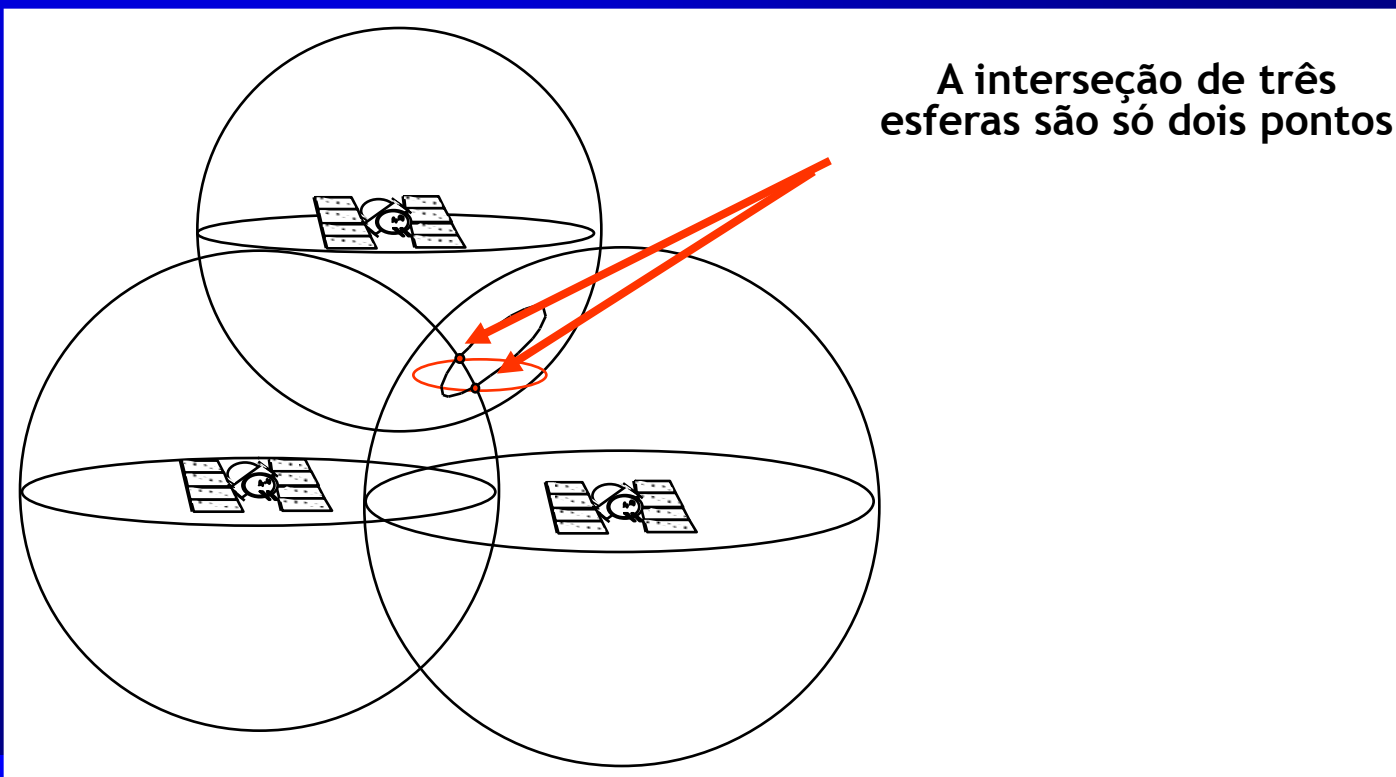
- 🌐 Uma segunda medição fornece como solução a interseção entre duas esferas: uma circunferência.





Princípio de Funcionamento

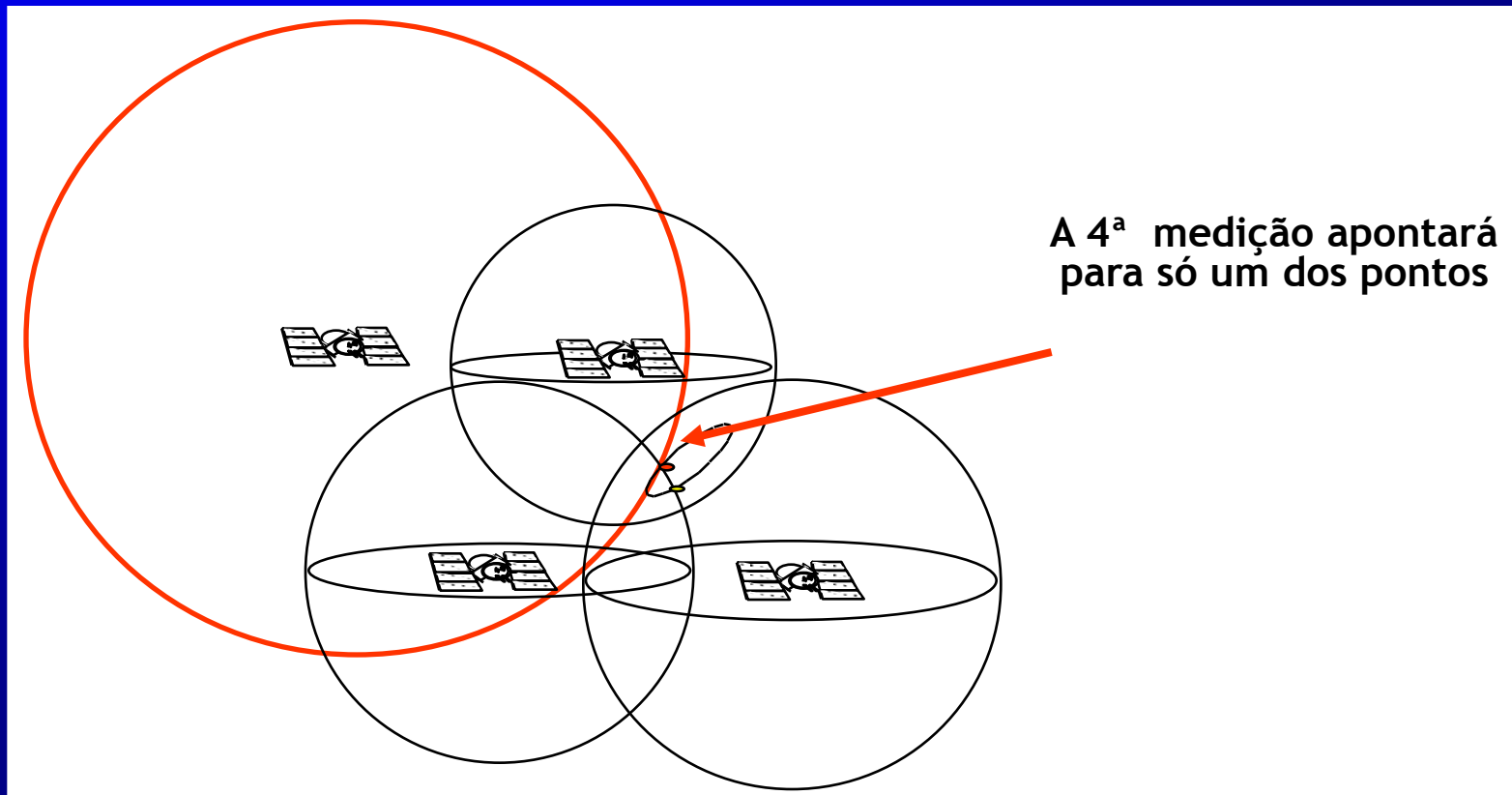
- 🌐 Na prática 3 medições são suficientes para determinar a posição. Um dos pontos (solução) é descartado já que é uma solução impossível, no espaço ou em alta velocidade.





Princípio de Funcionamento

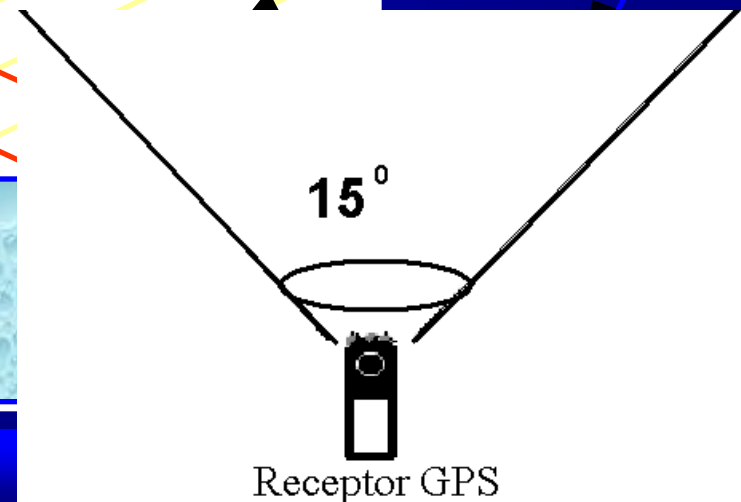
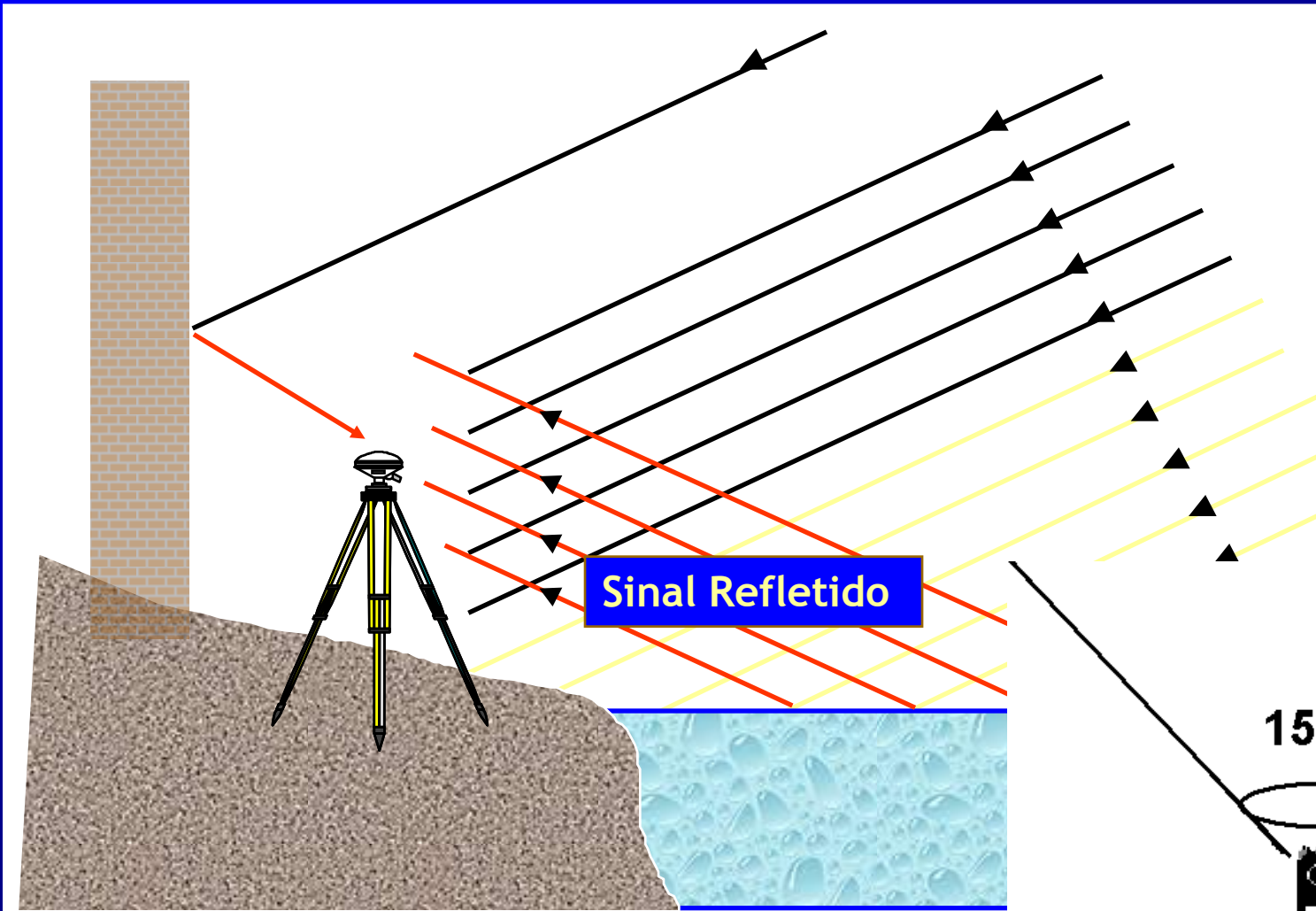
🌐 A 4ª medição permite resolver (remover) o erro do relógio (tempo) do receptor



A 4ª medição apontará para só um dos pontos

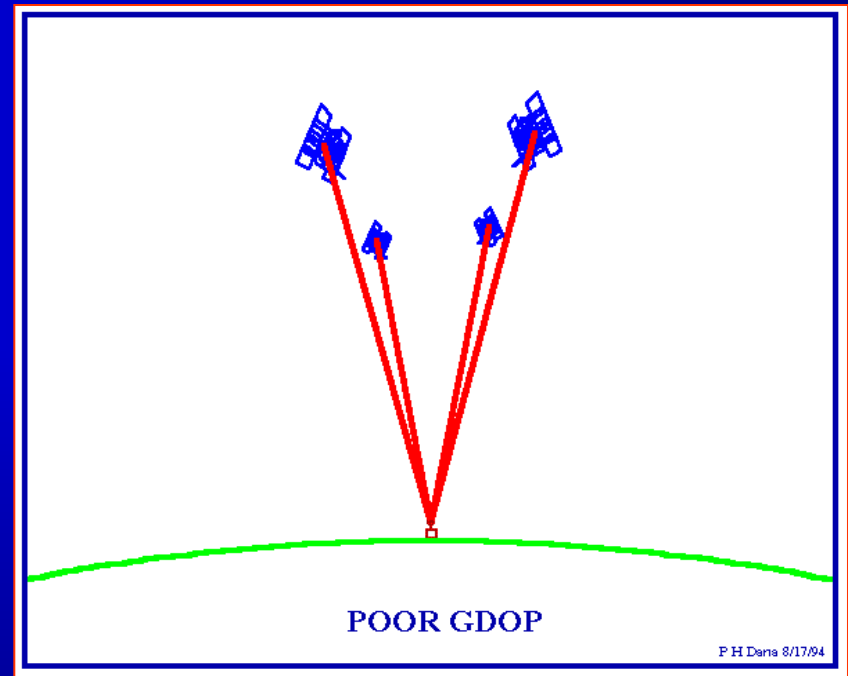
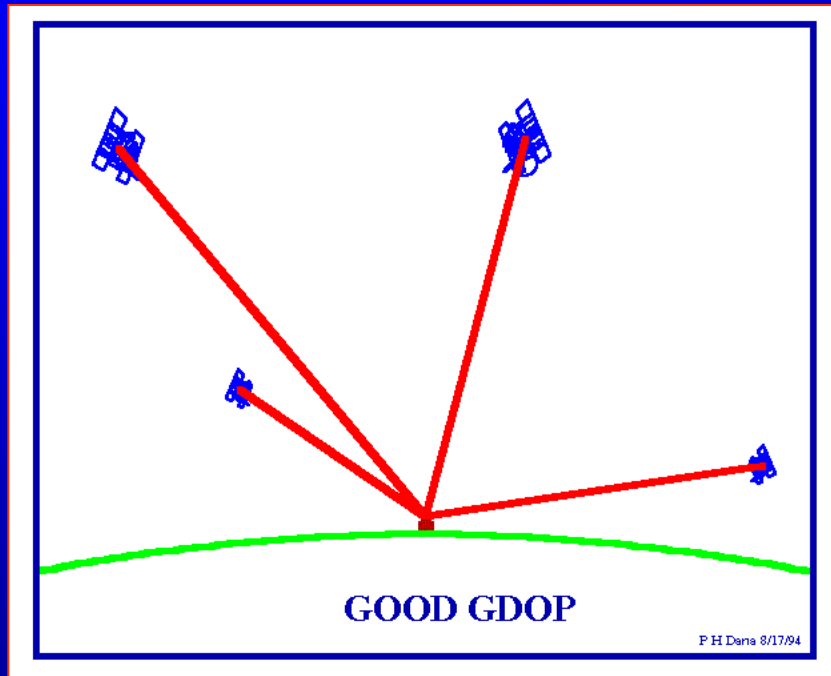


Erros na exatidão do posicionamento Multicaminhamento





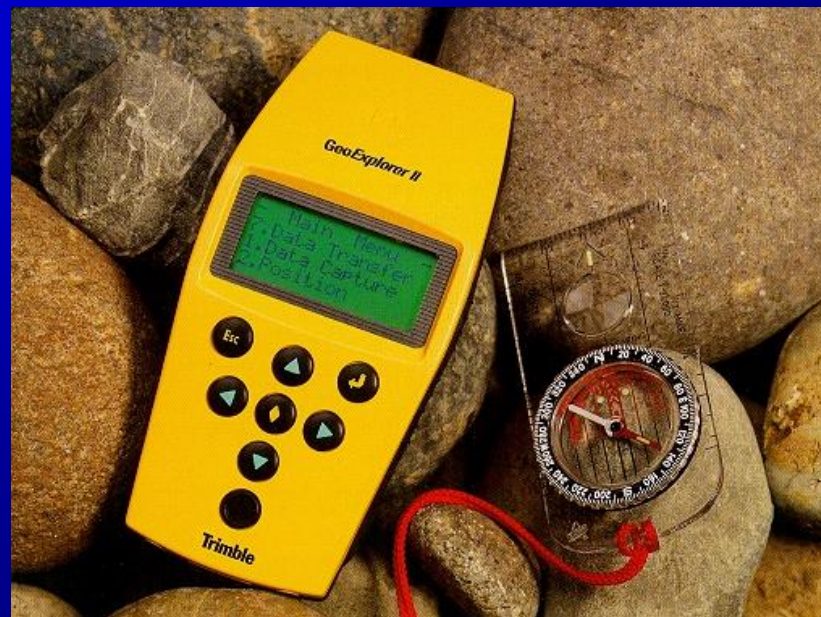
Erros na exatidão do posicionamento DOP (dilution of precision) PDOP





Erros na exatidão do posicionamento Local

Evitar proximidade a locais como, estações de transmissão de microondas, radares, antenas de rádio - repetidoras e linhas de alta voltagem, as quais representam fontes de erros para os sinais GPS. Incluí-se aqui coberturas vegetais densas.





Métodos de posicionamento

- ④ O posicionamento, que consiste da determinação da posição de objetos, parado ou em movimento, na superfície terrestre ou próximo a ela, utilizando GPS pode ser realizado na forma absoluta, relativa ou DGPS (*Differential GPS*).

Método Absoluto

Método Relativo ou Diferencial

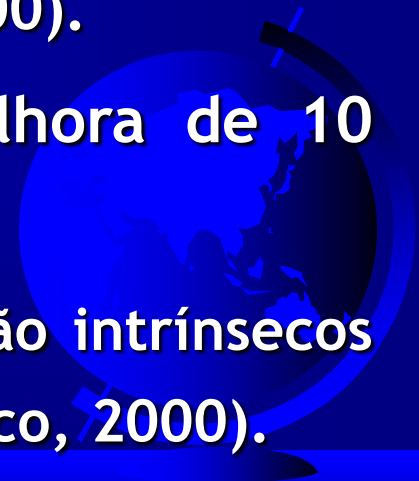




Métodos de posicionamento

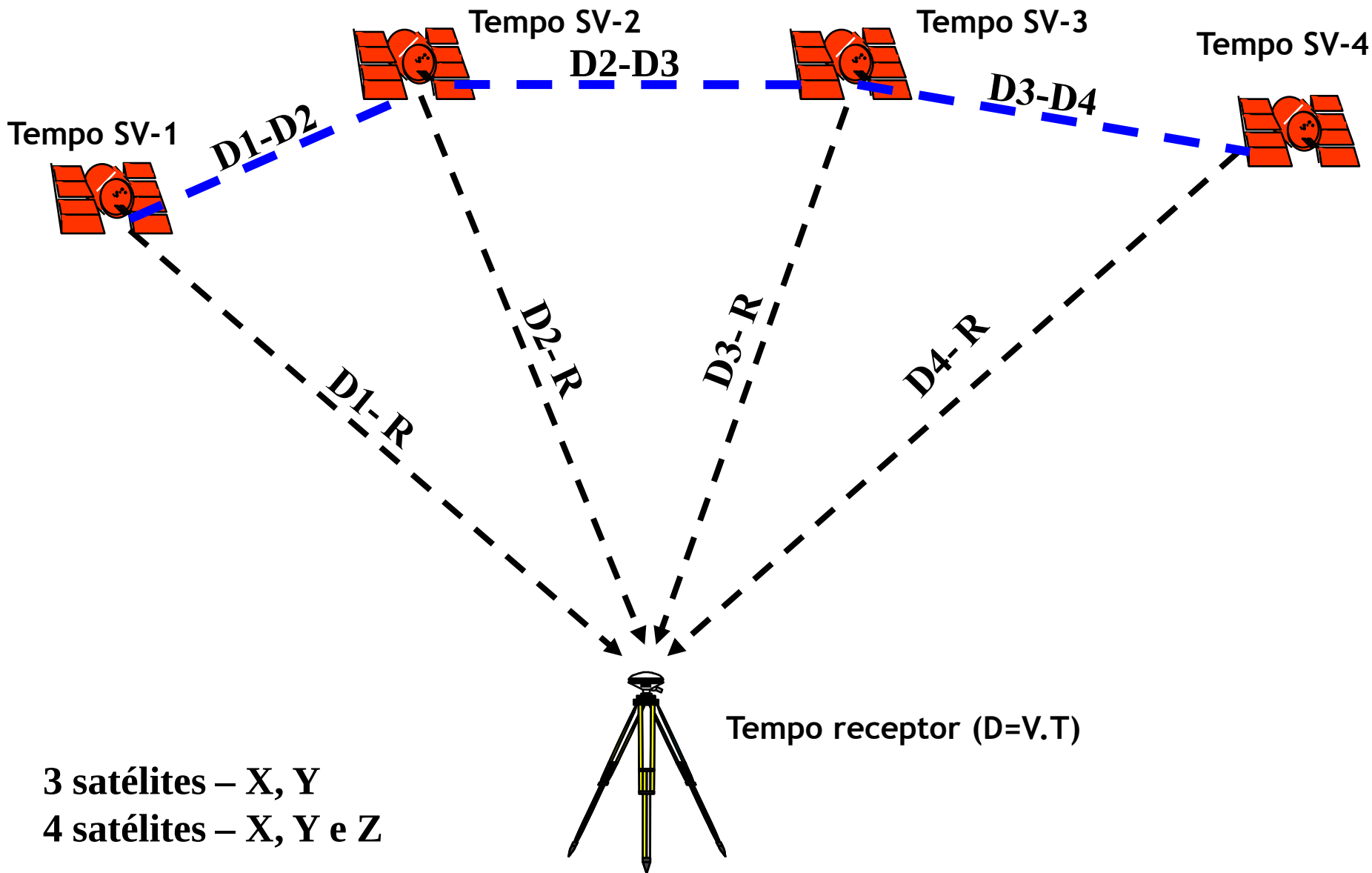
Método Absoluto

- 🌐 Apenas de um receptor. Método de posicionamento muito utilizado em navegação de baixa precisão e em levantamentos expeditos.
- 🌐 O posicionamento instantâneo de um ponto, usando o código C/A presente na portadora L1, apresentava, até o dia 1º de maio de 2000, precisão planimétrica melhor que 100 m e altimétrica de 140 m, 95% do tempo (Monico, 2000).
- 🌐 Com a desativação da SA, houve uma melhora de 10 vezes nos resultados.
- 🌐 Esse método não atende os requisitos de precisão intrínsecos ao posicionamento topográfico e geodésico (Monico, 2000).





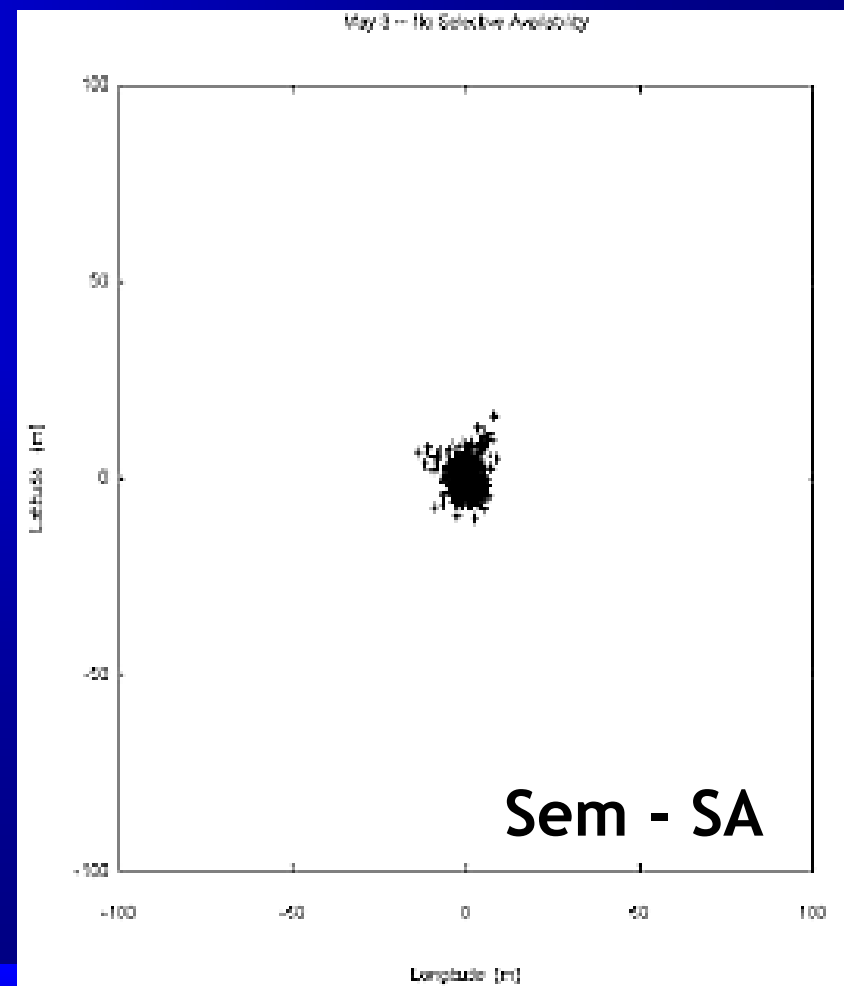
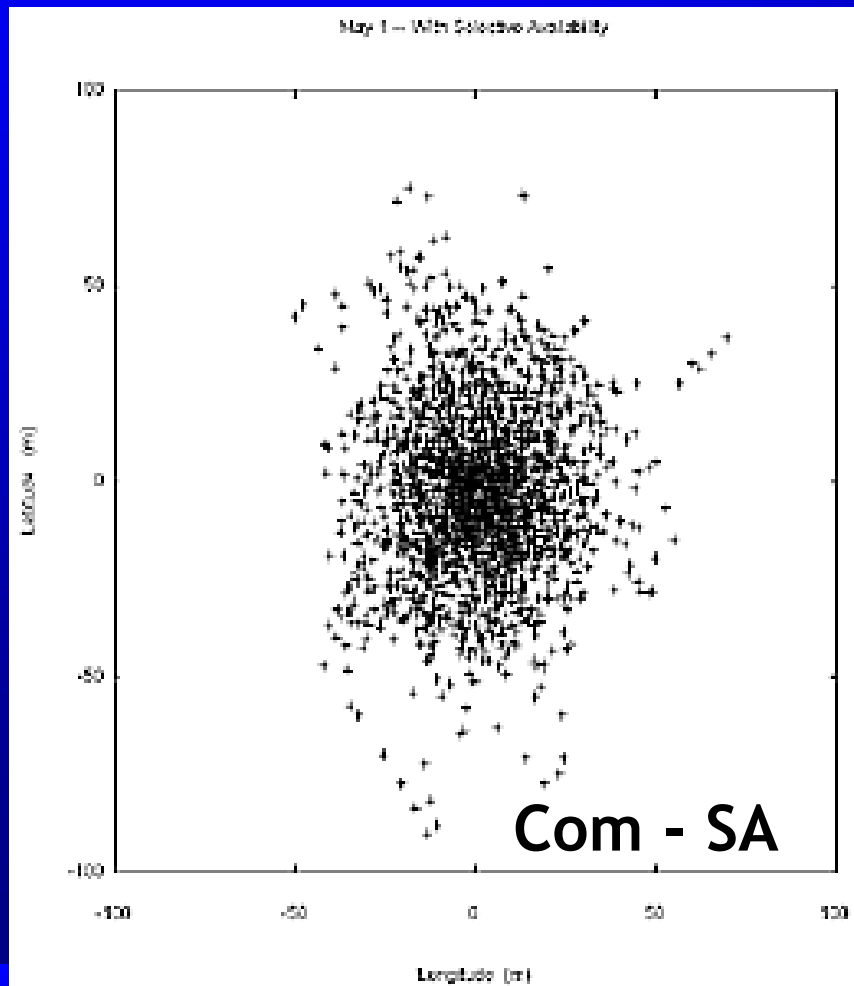
Métodos de posicionamento





Métodos de posicionamento

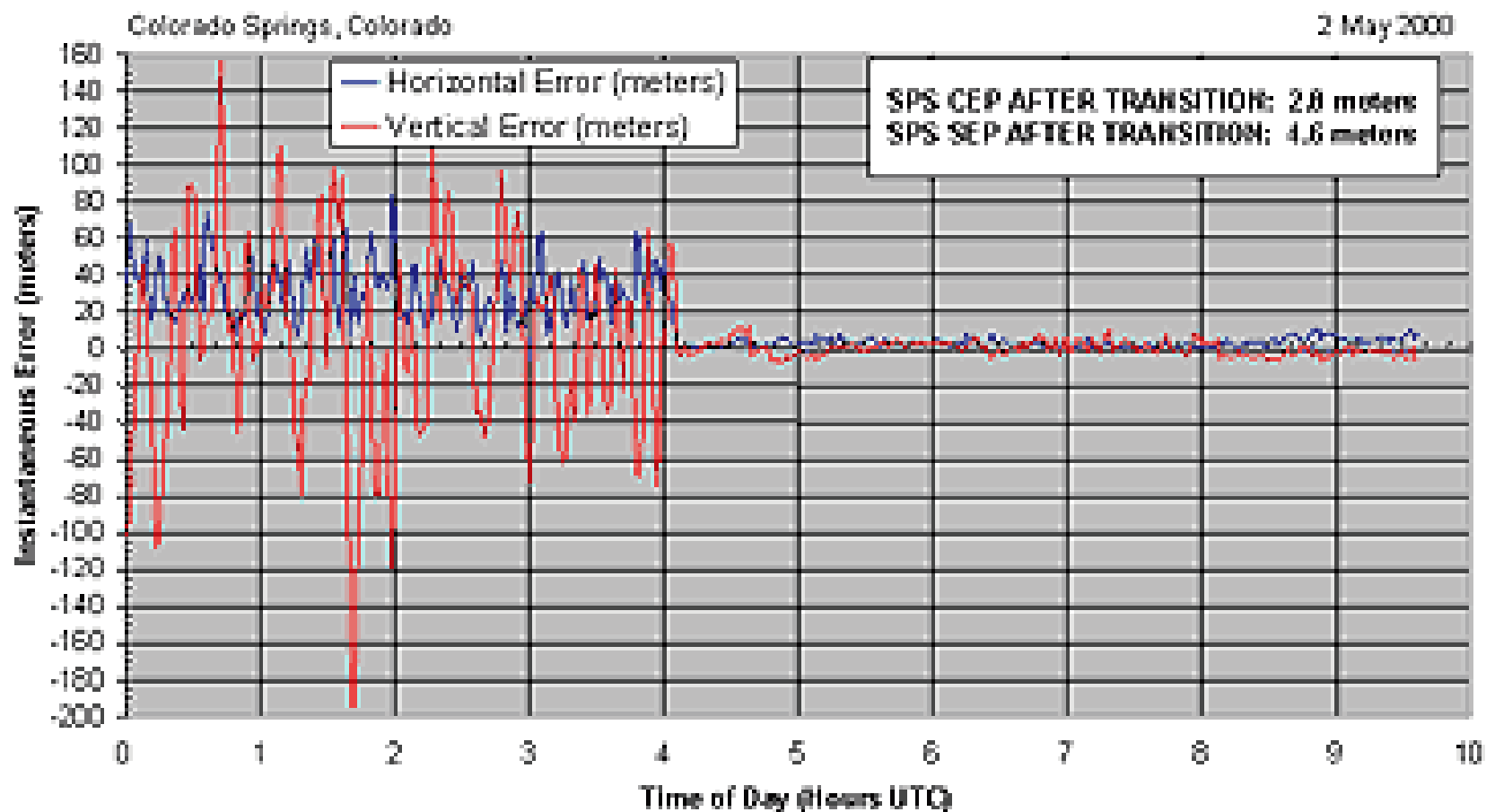
Método Absoluto





Métodos de posicionamiento

Método Absoluto



GPS

Métodos de posicionamiento

Método Absoluto - Receptores

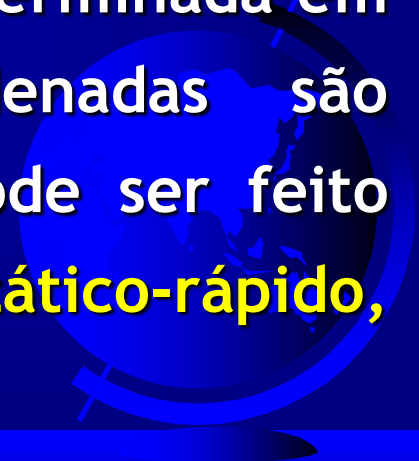




Métodos de posicionamento

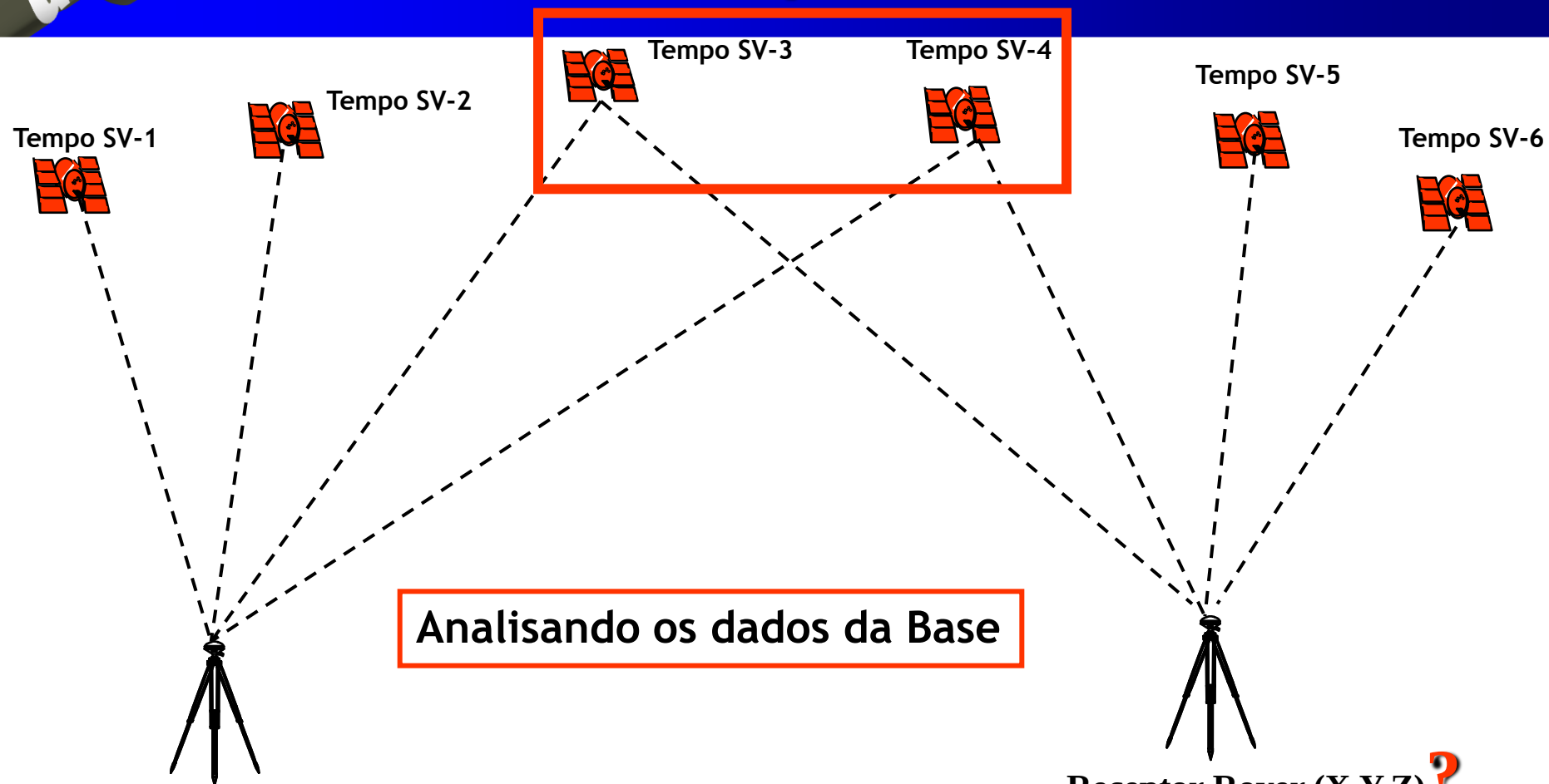
Método Relativo ou Diferencial

- ④ Realizado por meio do *pós-processamento*, ou em tempo real.
- ④ Um receptor é instalado no ponto cujas coordenadas são conhecidas (Base), e um receptor móvel (Rover) percorre os pontos para coleta de dados. (2 receptores)
- ④ Neste método a posição de um ponto é determinada em relação à de outro(s), cujas coordenadas são conhecidas. O posicionamento relativo pode ser feito por meio dos métodos: **estático**, **estático-rápido**, **cinemático** e **semi-cinemático**, etc.





Métodos de posicionamento



Receptor Base (X_B, Y_B, Z_B)

Tempo 1 – Ponto 1 (X_1, Y_1, Z_1)

Tempo 2 – Ponto 2 (X_2, Y_2, Z_2)

Tempo 3 – Ponto 3 (X_3, Y_3, Z_3)

Receptor Rover (X, Y, Z) ?

Tempo 1 – Ponto 1 (X_1, Y_1, Z_1)

Tempo 2 – Ponto 2 (X_2, Y_2, Z_2)

Tempo 3 – Ponto 3 (X_3, Y_3, Z_3)

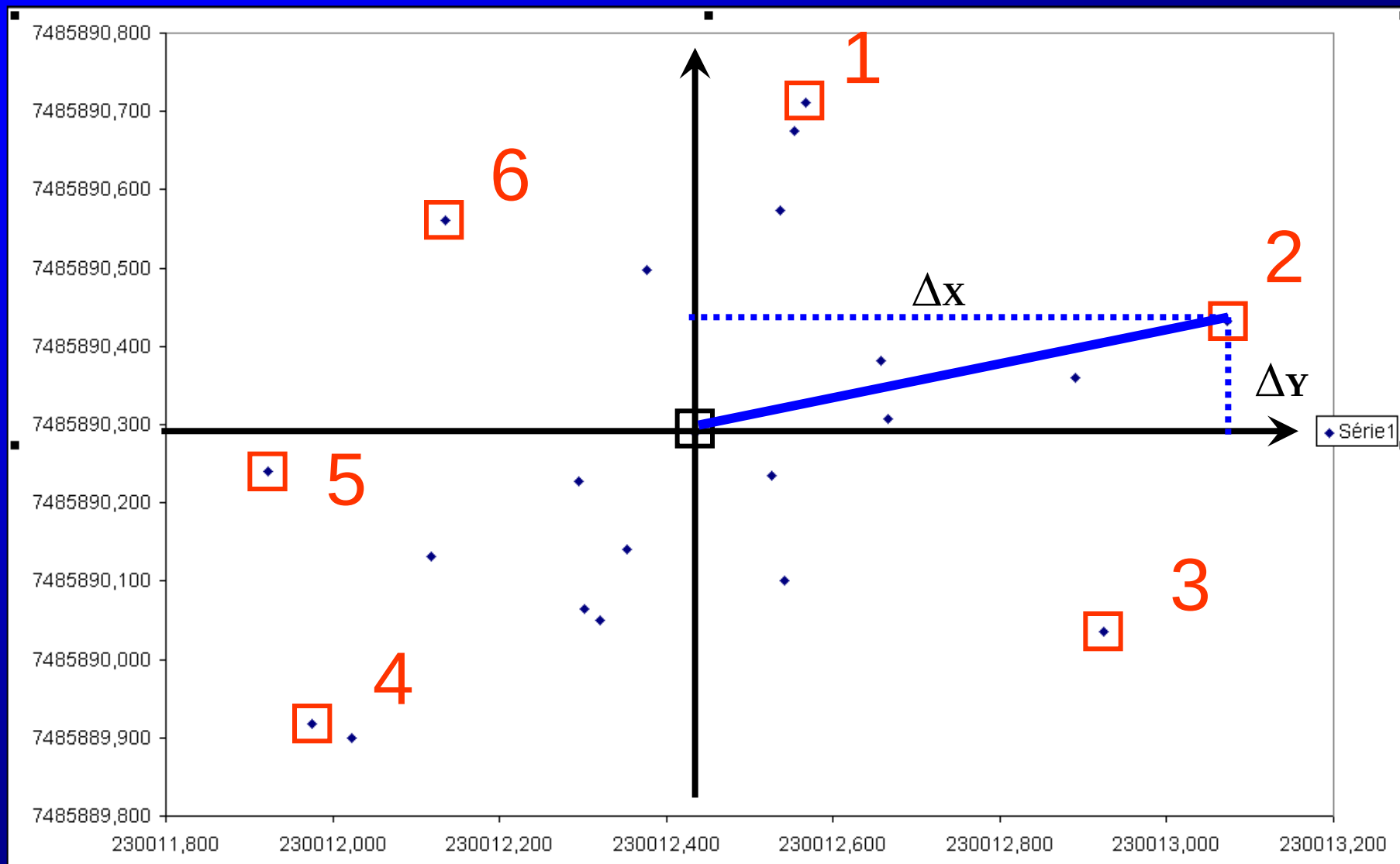


Métodos de posicionamento

Método Relativo ou Diferencial

Pontos	X (W)	Y (S)	Z
T1P1	230.012,568	7.485.890,711	534,701
T2P2	230.013,072	7.485.890,432	534,507
T3P3	230.012,924	7.485.890,036	534,800
T4P4	230.011,976	7.485.889,918	534,060
T5P5	230.011,923	7.485.890,240	533,821
T6P6	230.012,136	7.485.890,561	531,688

Dados da Base (230.012,434; 7.485.890,290)



□ Dados da Base (230.012,434; 7.485.890,290)



Métodos de posicionamento

Método Relativo ou Diferencial

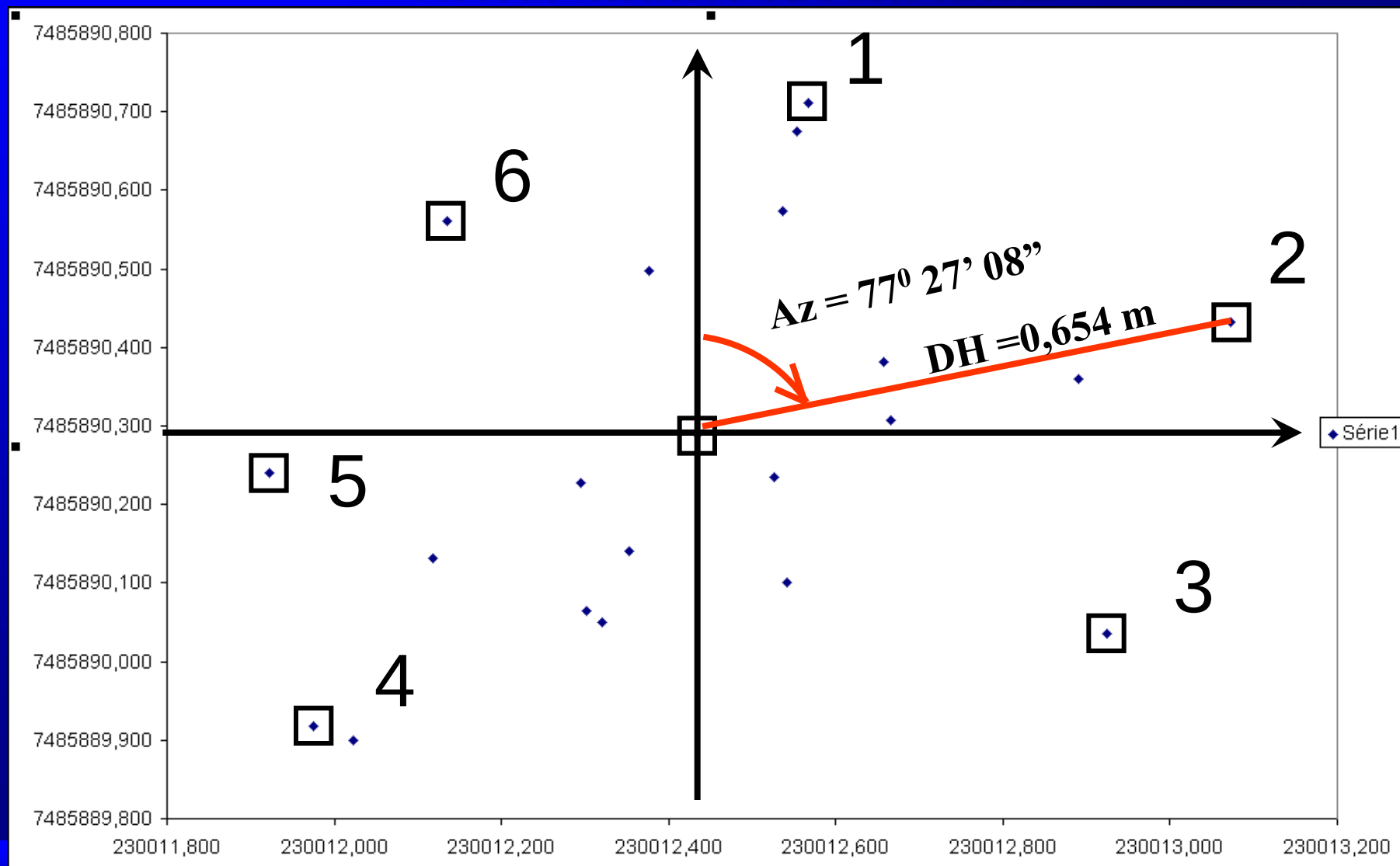
Pontos	ΔX	ΔY	DH	Az.
T1P1	0,134	0,421	0,442	17° 39' 21"
T2P2	0,638	0,142	0,654	77° 27' 08"
T3P3	0,490	-0,254	0,552	117° 24' 03"
T4P4	-0,458	-0,372	0,590	230° 54' 56"
T5P5	-0,511	-0,050	0,514	264° 24' 41"
T6P6	-0,298	0,271	0,403	312° 17' 00"

DADOS DOS VETORES DE ERRO EM RELAÇÃO A BASE



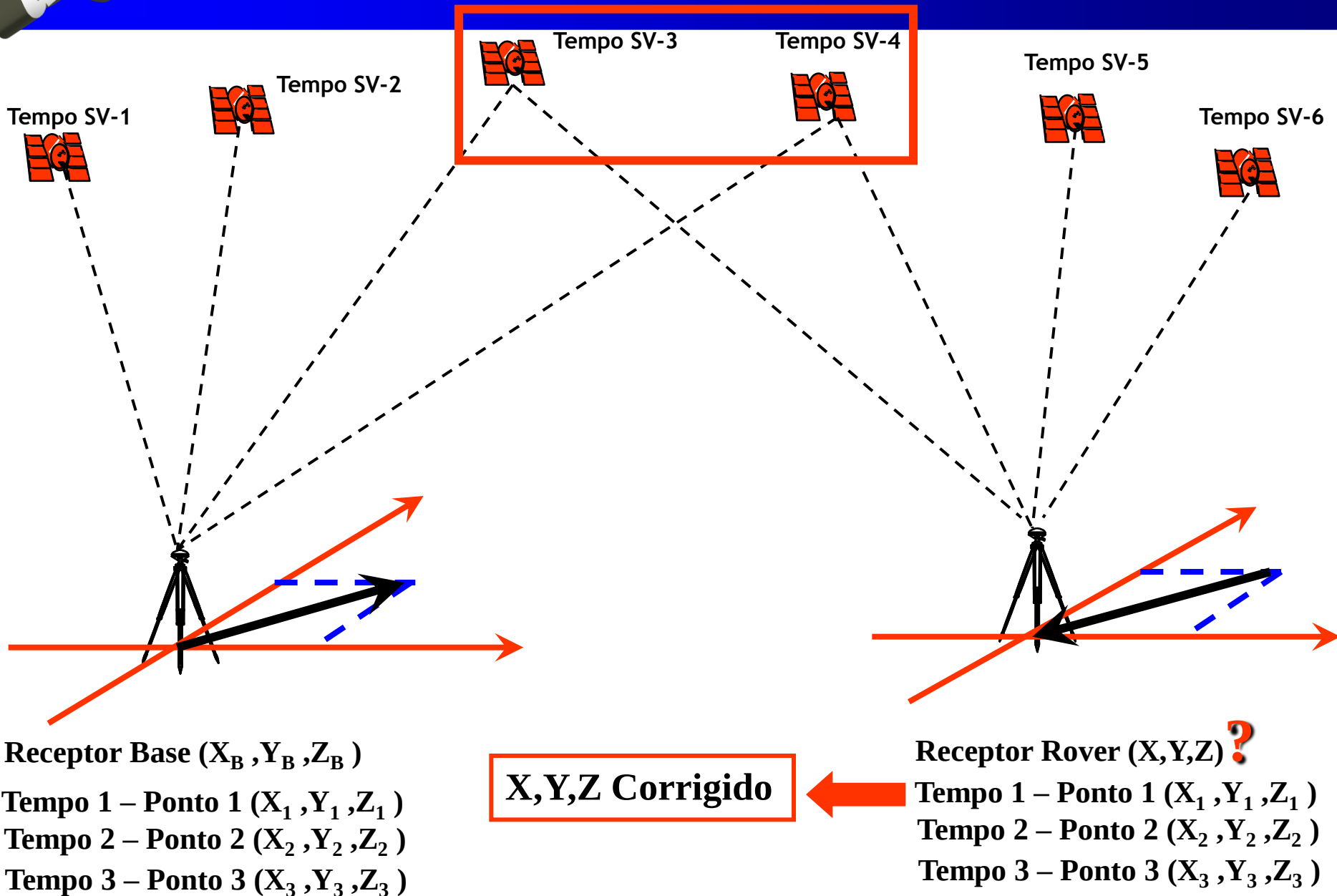
Métodos de posicionamento

Método Relativo ou Diferencial





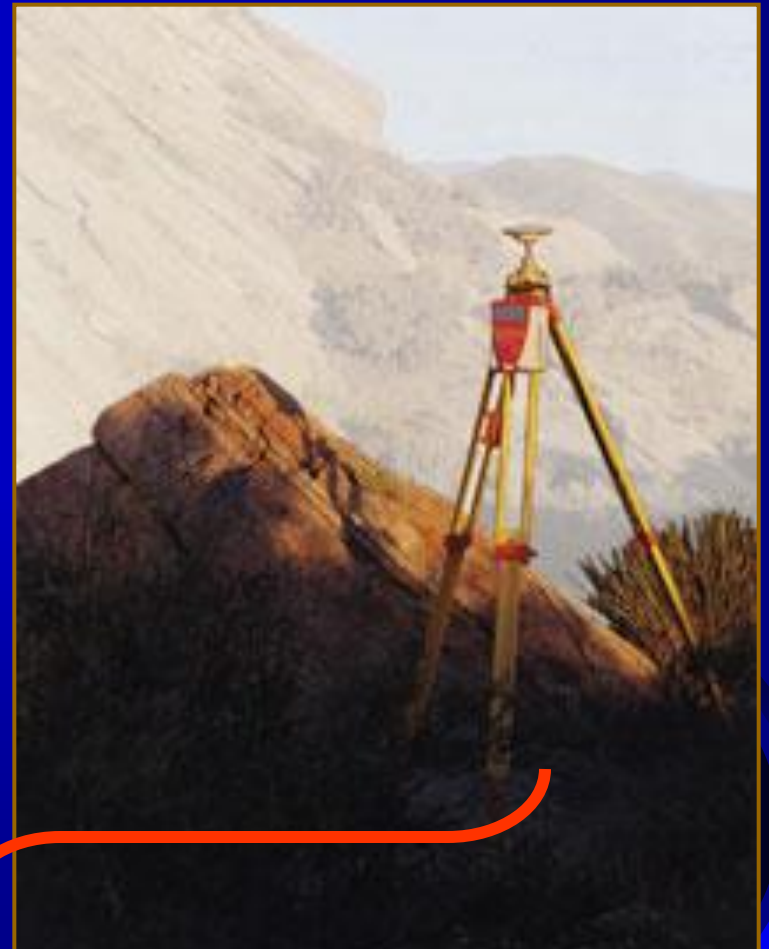
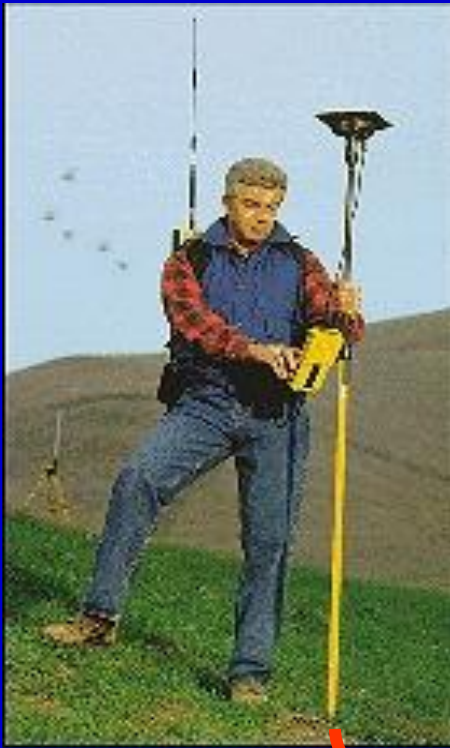
Métodos de posicionamento





Métodos de posicionamento

Método Relativo ou Diferencial



Georreferenciamento de imóveis rurais - 20 km (Base e Rover)



Métodos de posicionamento

Método Relativo ou Diferencial

🌐 Método Estático:

- L1 ou L1/L2 - C/A
- 60 minutos de observação (recomendado)
- Uma ocupação (estação) por arquivo de dados
- Dados normalmente gravados a cada 15 segundos
- taxa de sincronismo





Métodos de posicionamento

Método Relativo ou Diferencial

- 🌐 **Método Estático Rápido:**
 - L1/L2 com código C/A
 - Tempo de ocupação varia entre 5-20 minutos, dependendo do número de SV's
 - Ocupação múltipla é possível num só arquivo de dados
 - Dados normalmente gravados a taxa de sincronismo de 5 ou 15 segundos





Métodos de posicionamento

Método Relativo ou Diferencial

- ④ Método Cinemático:
 - L1 é suficiente (C/A)
 - Varias estações num só arquivo de dados
 - Taxa de sincronismo normalmente 2 - 5 segundos (ou até 15 segundos, dependendo da velocidade da antena)

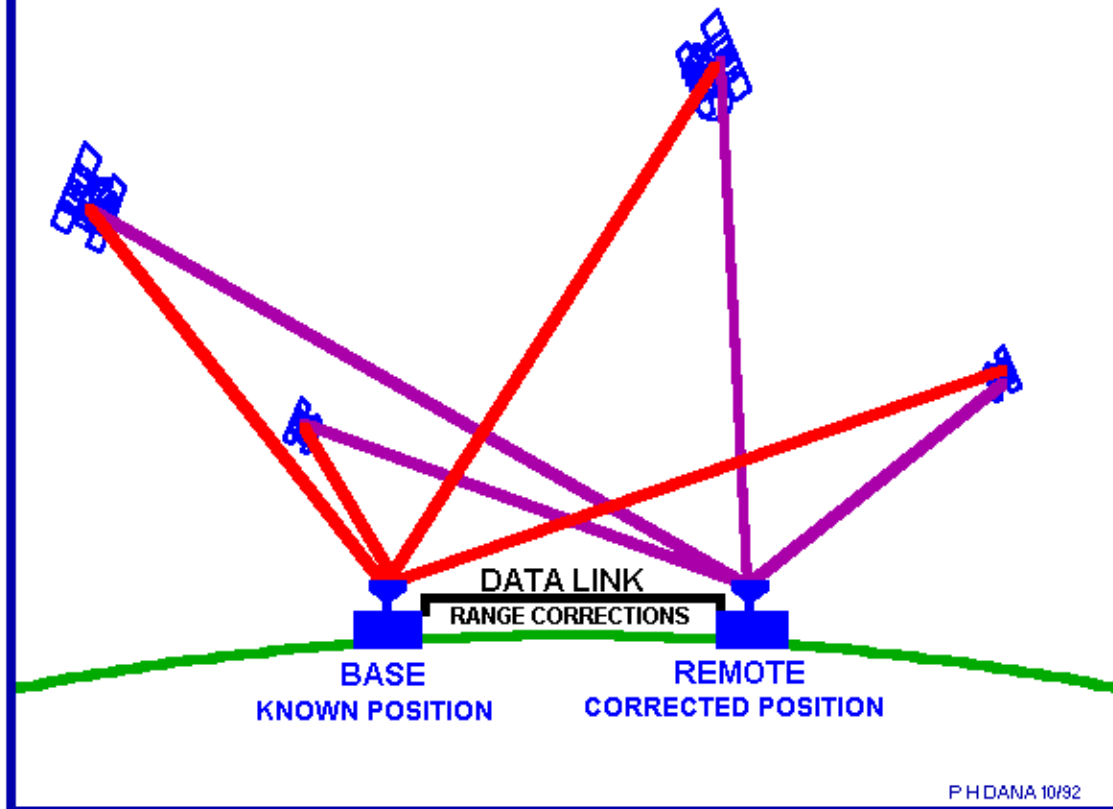




Métodos de posicionamento

Método Relativo ou Diferencial DGPS

DIFFERENTIAL GPS POSITIONING



GPS

Métodos de posicionamento

Método Relativo - Receptores



Aparelhos: Sub-métricos
Aparelhos: Geodésicos



COMPARAÇÃO DE RECEPTORES GPS

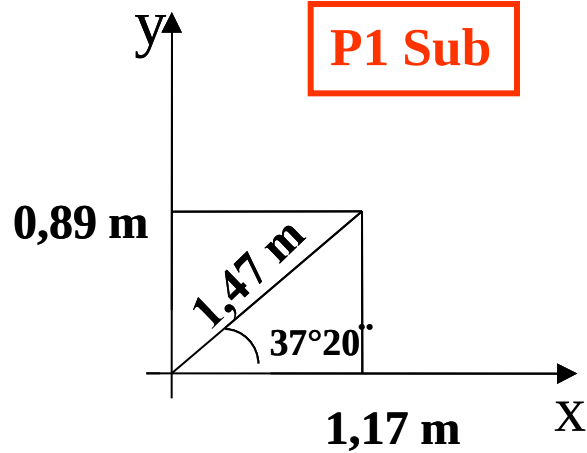
GPS – SUB-MÉTRICO – Método Relativo

Ponto	Média			Desvio Padrão			Variância			Erro Padrão Médio		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
P1	211244,76	7294200,13	443,22	1,17	0,89	1,71	1,37	0,80	2,93	0,28	0,21	0,40
P2	211234,58	7295106,07	414,32	1,08	0,88	1,74	1,18	0,78	3,02	0,25	0,21	0,41
P3	210981,92	7294920,95	416,45	1,07	0,88	1,71	1,15	0,77	2,94	0,25	0,21	0,40
P4	210974,39	7294236,59	439,69	1,10	0,88	1,71	1,22	0,77	2,93	0,26	0,21	0,40
P5	211244,69	7294200,13	443,24	1,14	0,88	1,72	1,30	0,78	2,96	0,27	0,21	0,40
BASE	211558,99	7293493,73	414,86	1,07	0,89	1,70	1,14	0,79	2,90	0,25	0,21	0,40

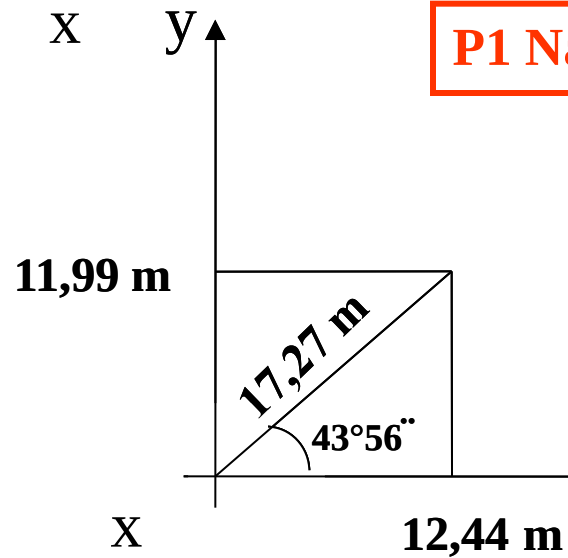
GPS – NAVEGAÇÃO – Método Absoluto

Pontos	Antena	Média			Desvio Padrão			Variância			Erro Padrão Médio		
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
P1	CA	211197,92	7294120,05	414,49	11,99	12,44	2,17	143,77	154,67	4,72	2,75	2,85	0,49
	SA	211197,14	7294151,82	411,95	11,46	12,79	3,40	131,38	163,59	11,57	2,63	2,93	0,78
P2	CA	211187,71	7295056,64	386,88	11,99	12,09	1,54	143,97	146,29	2,38	2,75	2,77	0,35
	SA	211187,28	7295056,14	384,75	14,21	13,04	2,23	201,92	169,98	4,96	3,26	2,99	0,51
P3	CA	210934,98	7294870,89	388,78	11,35	12,62	1,77	128,87	159,22	3,13	2,60	2,89	0,41
	SA	210934,83	7294871,21	387,32	11,35	12,47	1,76	128,81	155,64	3,09	2,60	2,86	0,40
P4	CA	210928,17	7294186,15	411,61	10,92	12,04	2,20	119,17	144,93	4,85	2,50	2,76	0,50
	SA	210926,20	7294188,05	409,42	11,38	12,59	2,38	129,63	150,98	5,66	2,61	2,82	0,54
P5	CA	211198,51	7294149,90	415,49	11,88	12,48	2,42	141,11	155,87	5,84	2,72	2,86	0,55
	SA	211196,99	7294151,81	413,50	11,58	12,01	2,05	134,03	144,29	4,20	2,65	2,75	0,47

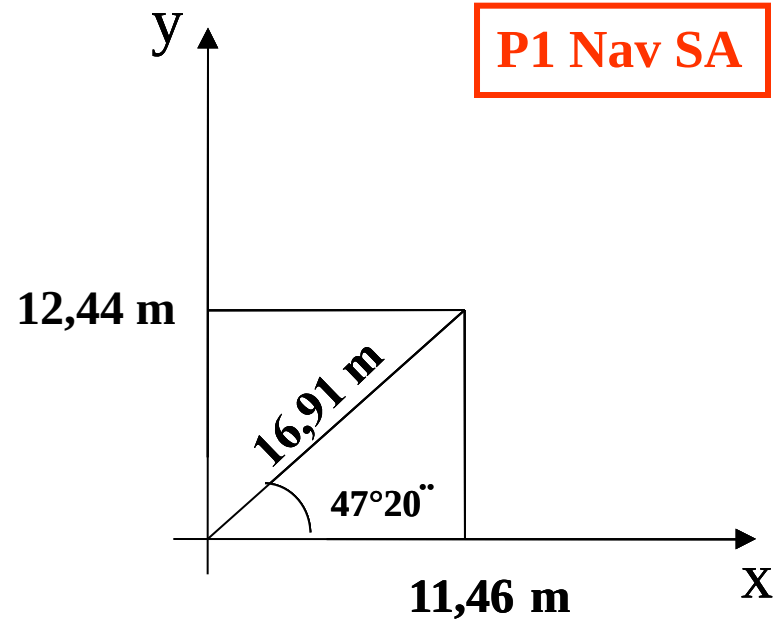
P1 Sub

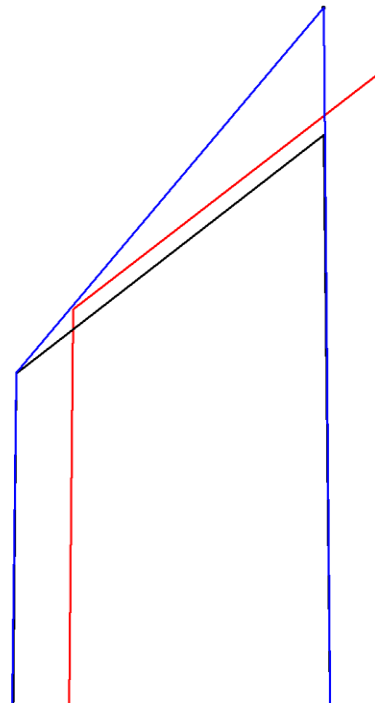


P1 Nav CA



P1 Nav SA





- GPS Sub: 208.042,219 m²
- GPS Nav CA: 211.879,869 m²
- GPS Nav SA: 220.878,978 m²

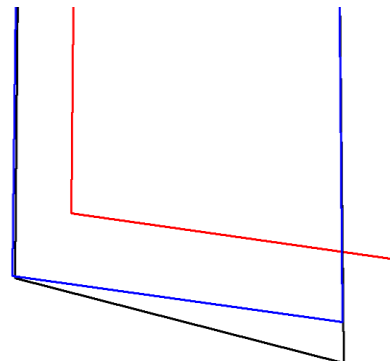
Área Teodolito: 208.089,769 m²

Teodolito - GPS Sub = 47,55 m²

Teodolito - GPS Nav CA = 3.790,10 m²

Teodolito - GPS Nav SA = 12.789,21 m²

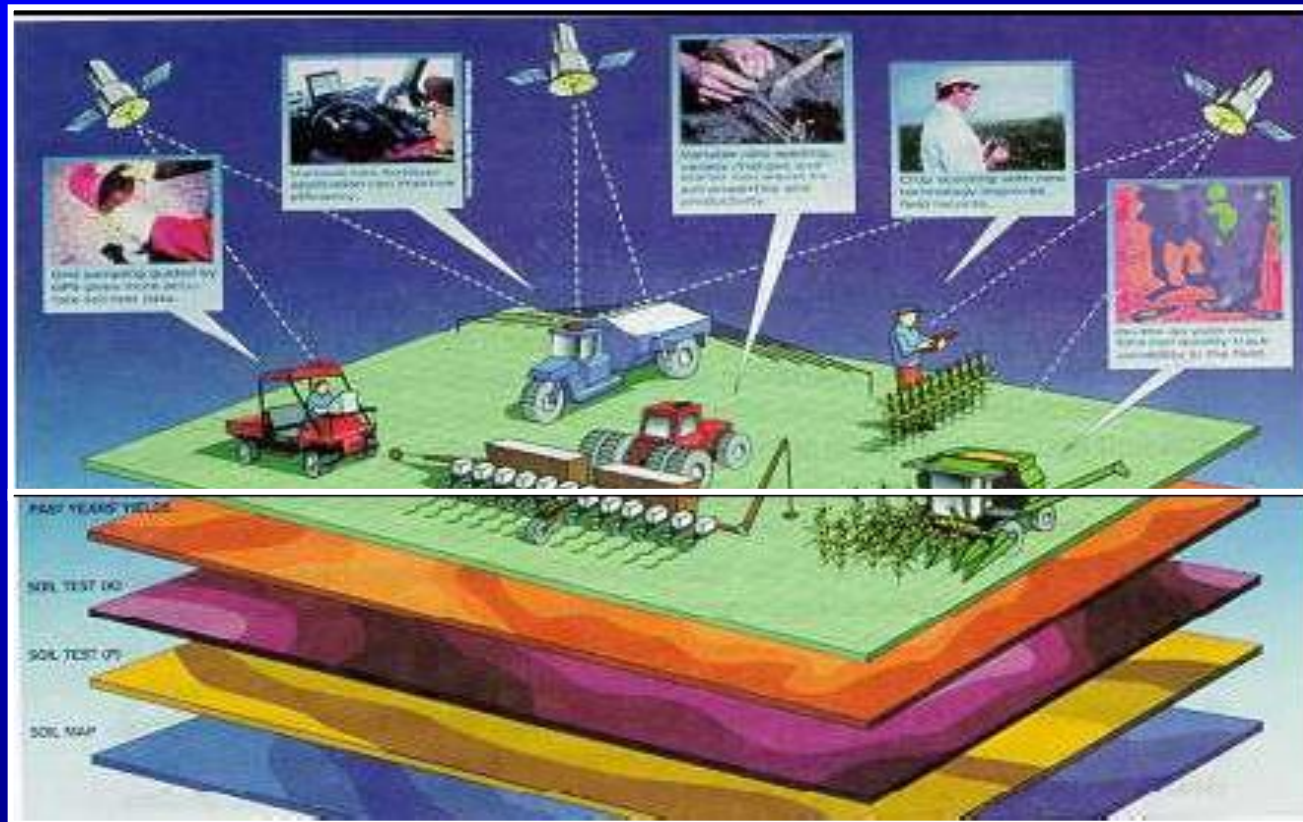
GPS SA - GPS CA = 8.999,11 m²



Plan: Planialtimétrico Cadastral		Folha: 01
Propriedade: Imóvel		
Características:	Matrícula:	
Nome:	Estado:	
Cidade:		
Registros:		
Área do terreno: 000.000.000,000 m²	Área total: 000.000.000,000 m²	
Lote: 1 / 1300	Data: 25/5/2008	
Descrição do Terreno:	Observações:	
(Empty box for terrain description)	(Empty box for observations)	
Assinatura:		

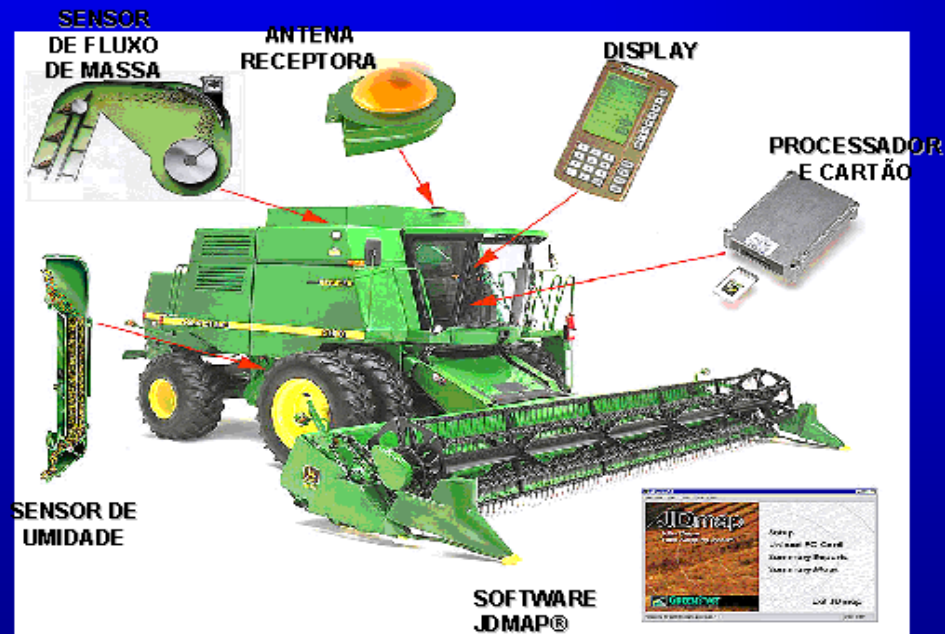
Aplicações do GNSS

1. Agricultura de Precisão



Aplicações do GNSS

1. Agricultura de Precisão

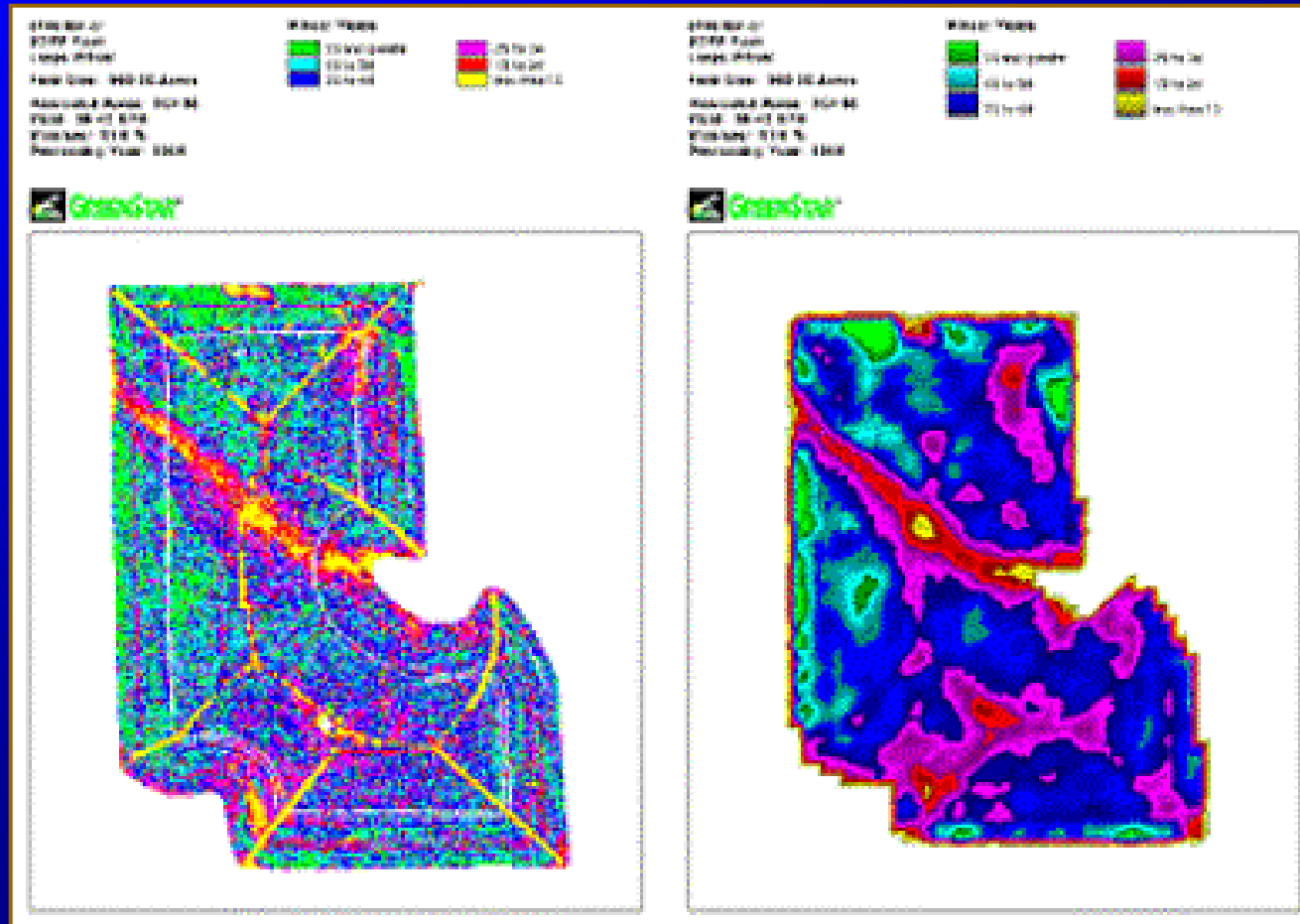


Aplicações do GNSS

1. Agricultura de Precisão

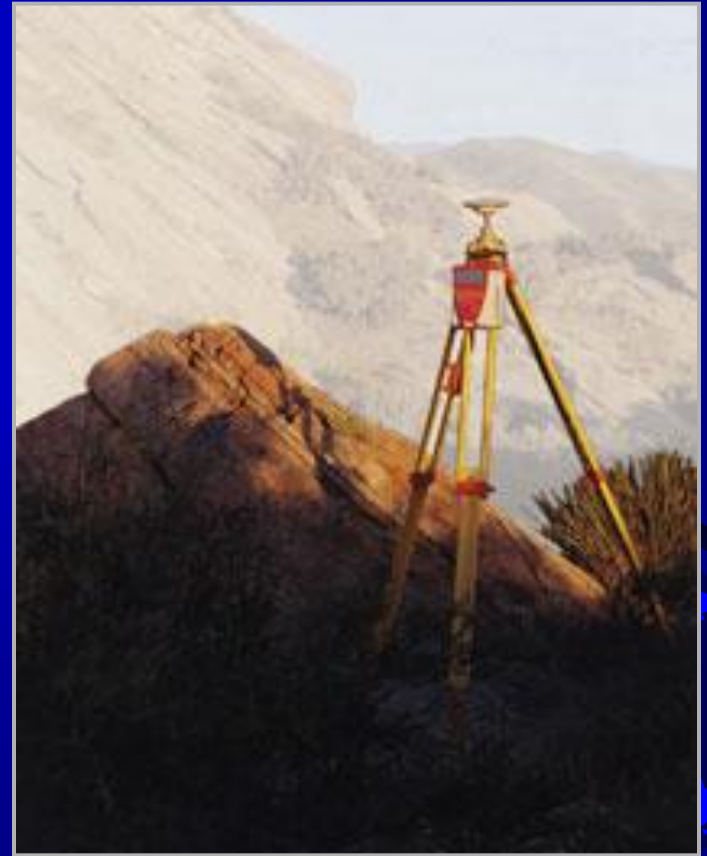


1. Agricultura de Precisão



Aplicações do GNSS

2. Topografia e Geodésia



Aplicações do GNSS

2. Topografia e Geodésia



Aplicações do GNSS

2. Topografia e Geodésia



Aplicações do GNSS

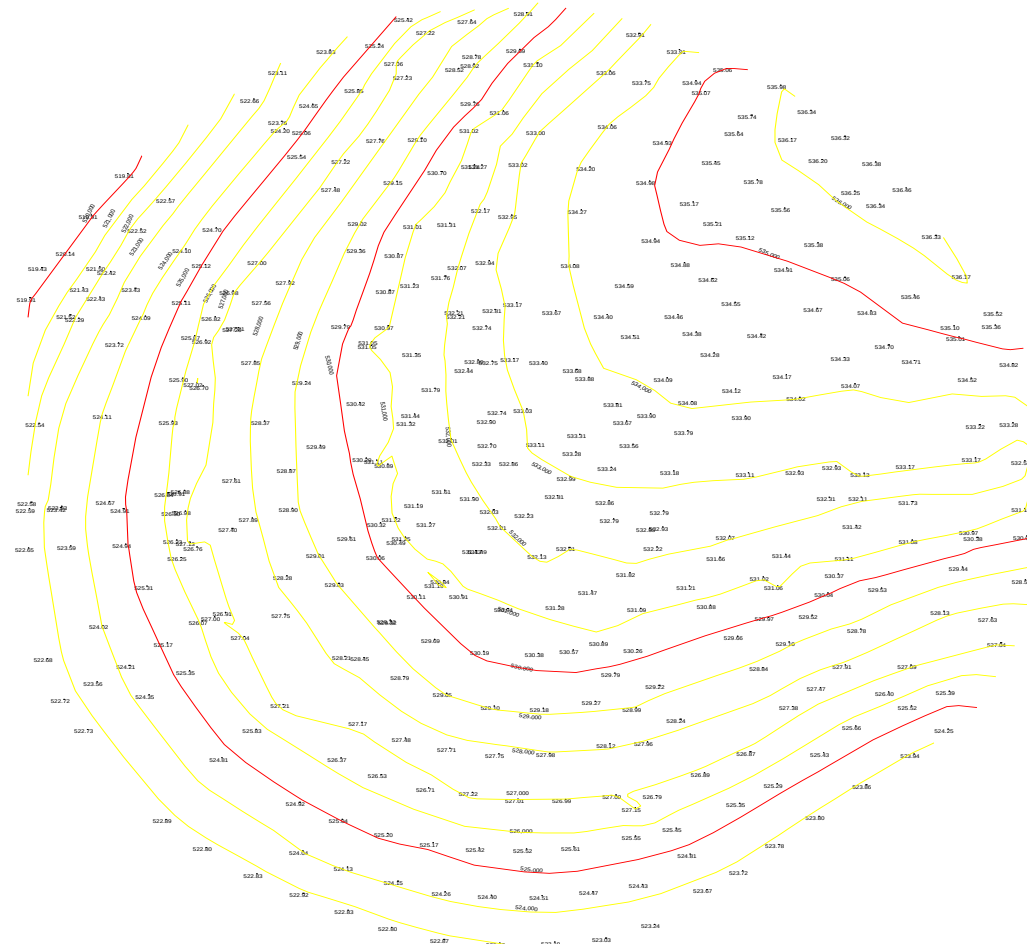
2. Topografia e Geodésia



Aplicações do GNSS

2. Topografia e Geodésia

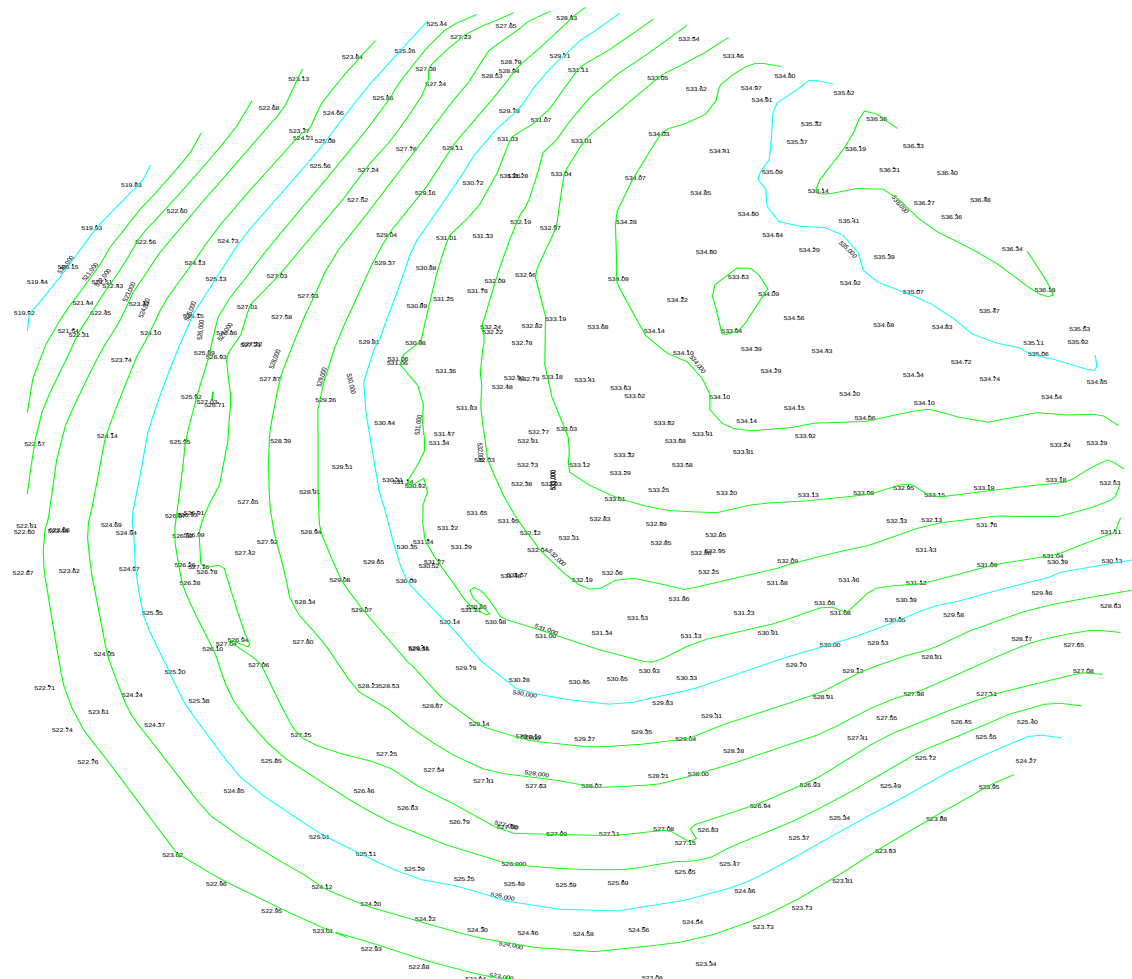
Levantamento Planialtimétrico - Estação Total



Aplicações do GNSS

2. Topografia e Geodésia

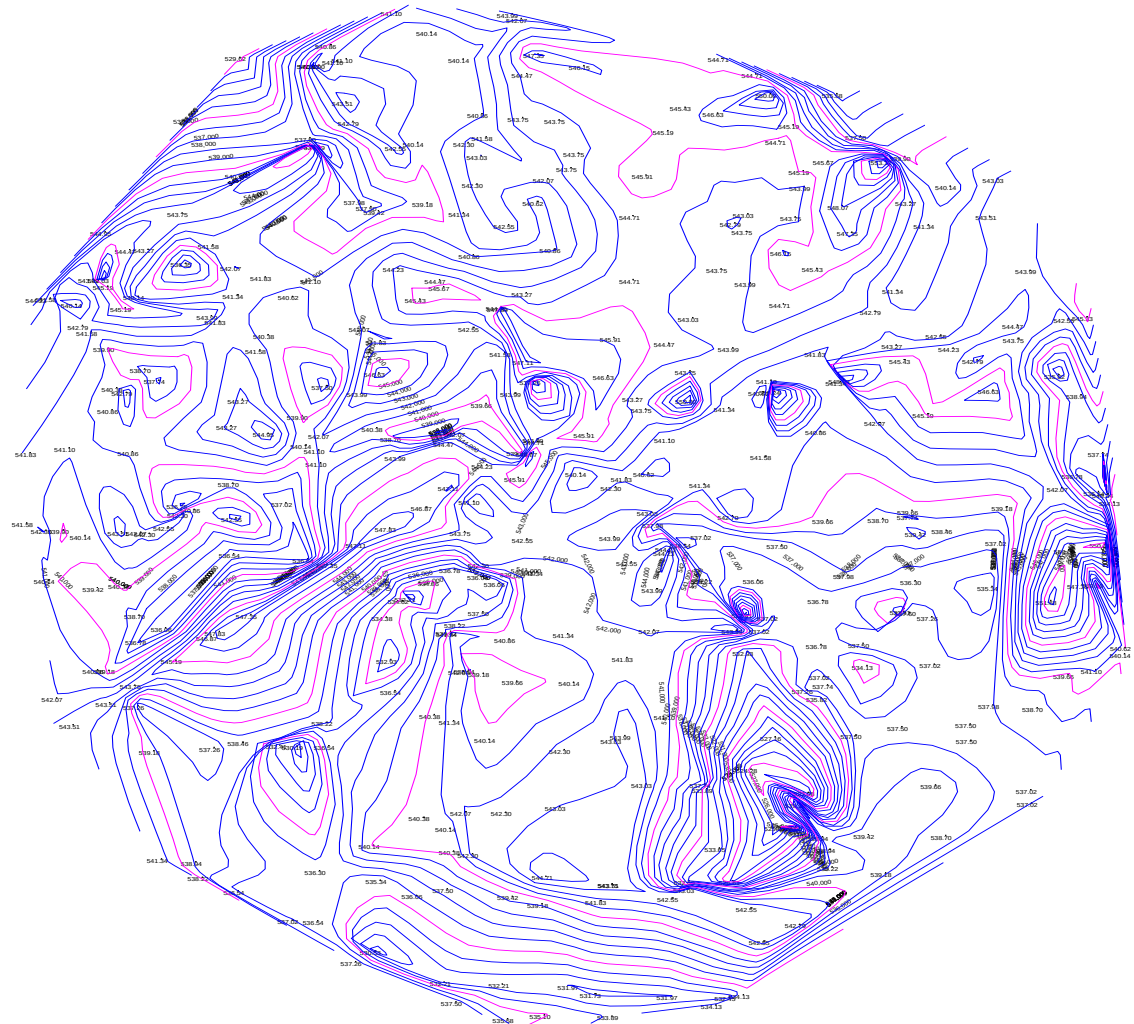
Levantamento Planialtimétrico - GPS Geodésico



Aplicações do GNSS

2. Topografia e Geodésia

Levantamento Planialtimétrico - GPS Navegação

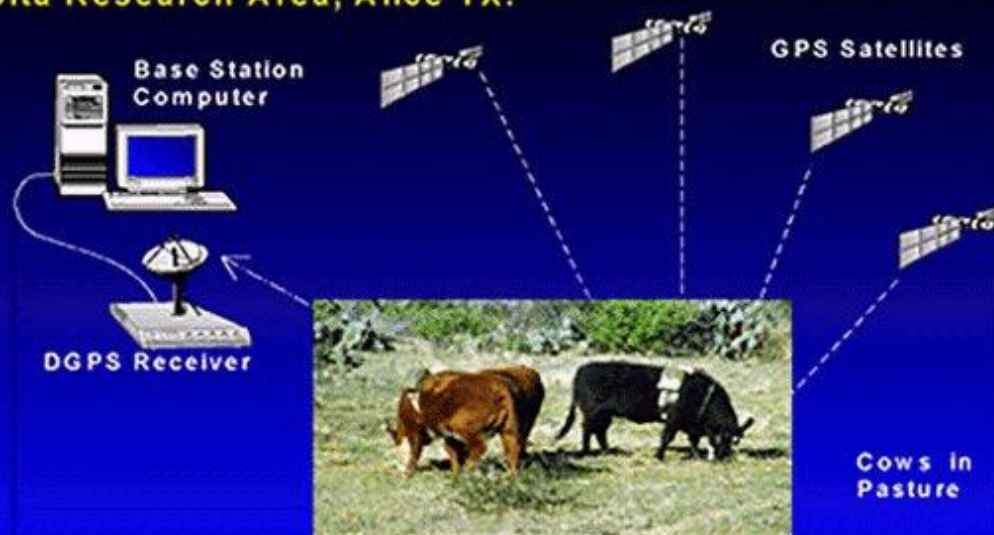


Aplicações do GNSS



3. Zootecnia de Precisão

Schematic of the DGPS monitoring system developed to georeference landscape resource utilization by cattle at La Copita Research Area, Alice TX.



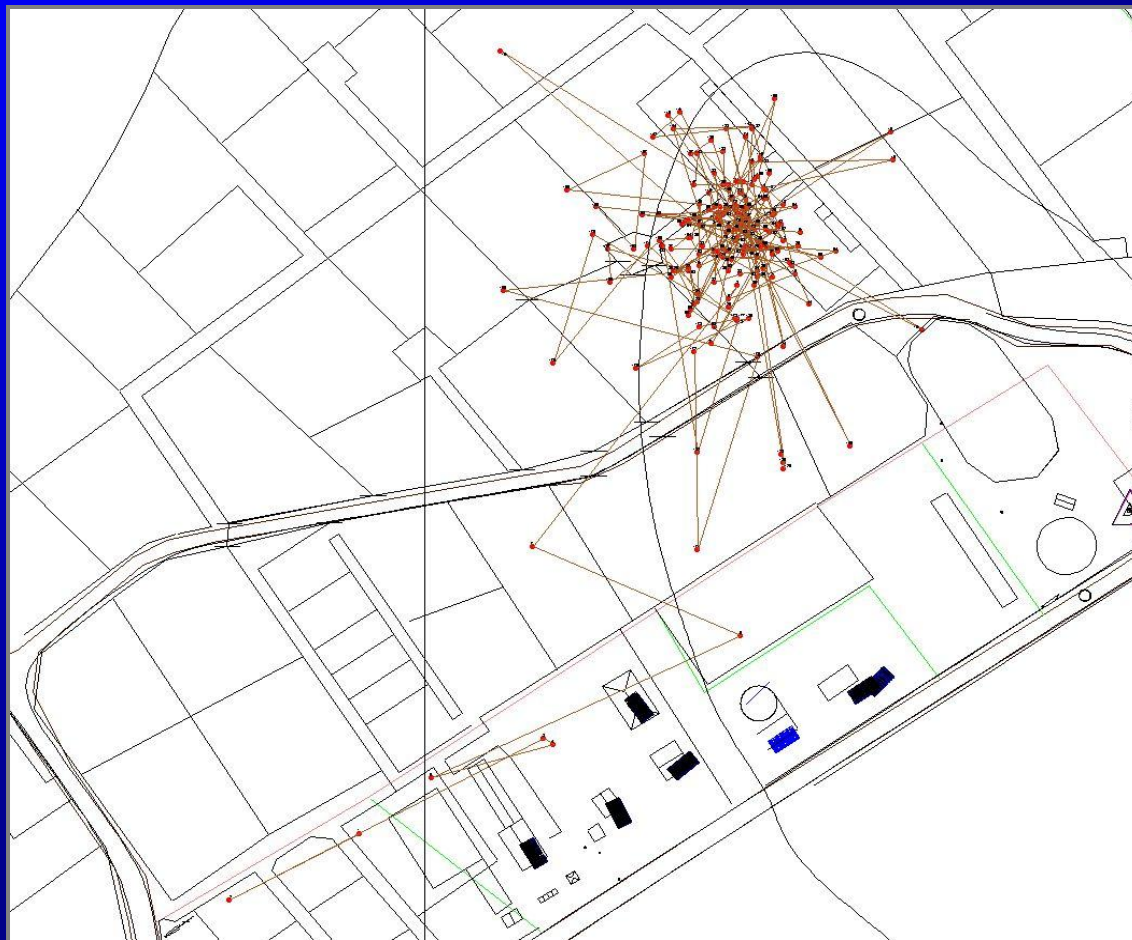
Aplicações do GNSS

3.1 Monitoramento de Animais



Aplicações do GNSS

3.1 Monitoramento de Animais



6. Aplicações do GNSS

4. Navegação



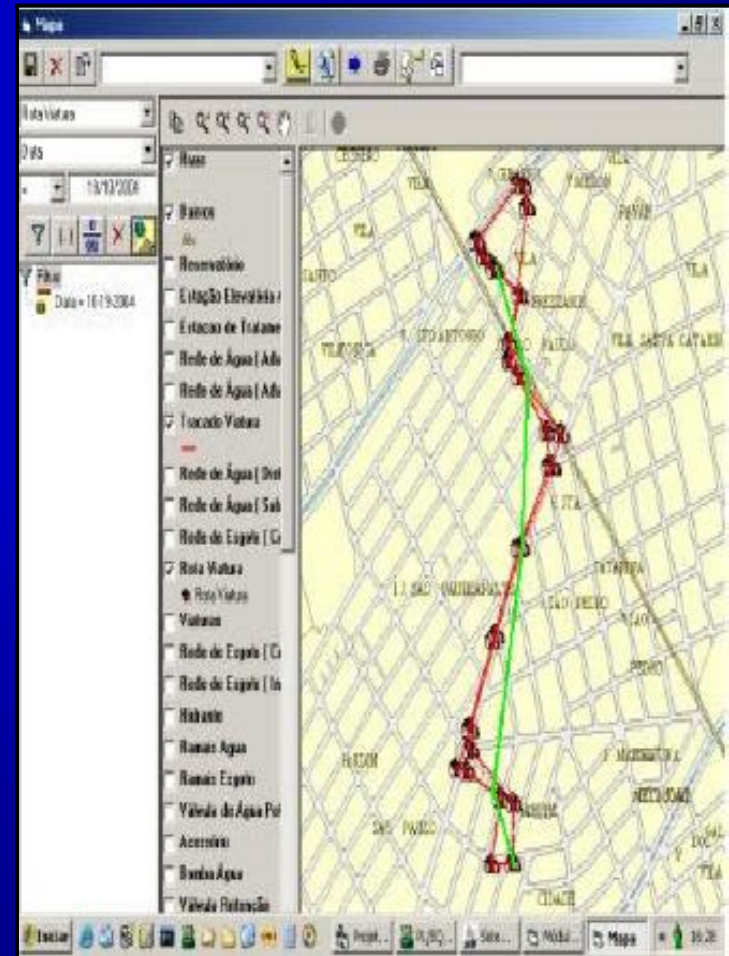
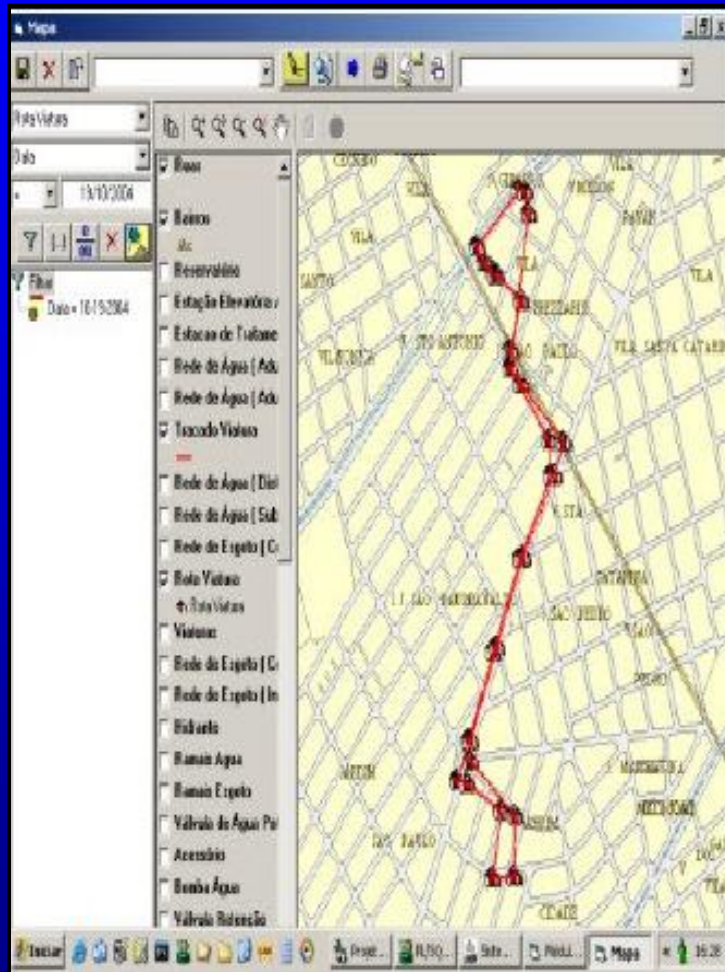
Aplicações do GNSS

5. Monitoramento do Meio Ambiente



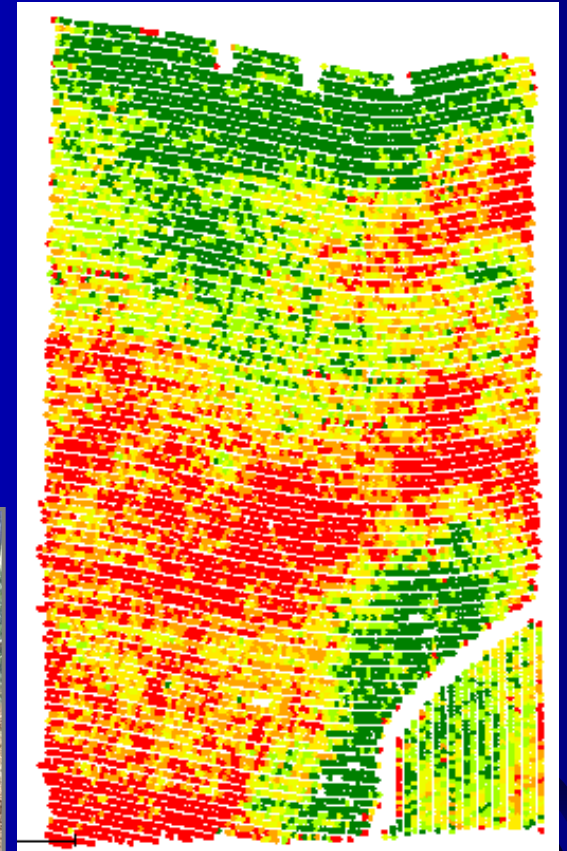
Aplicações do GNSS

6. Monitoramento e Rastreamento de Veículos



Aplicações do GNSS

Colheita



Taylor (2004)

Aplicações do GNSS

8. Outras Aplicações em Ciências Agrárias

- Dentre as aplicações do GNSS em Ciências Agrárias, podem ser citados:
 - a. mapeamentos cadastrais;
 - b. agricultura de precisão;
 - c. elaboração de mapas temáticos;
 - d. georreferenciamento de imóveis rurais;
 - e. mapeamentos com a finalidade de venda de madeira;
 - f. levantamentos de áreas silvestres;
 - g. mapeamentos de estradas e trilhas;
 - h. determinação de pontos de controle para imagens de satélites;
 - i. detecção e mapeamento de incêndios florestais;
 - j. atualização das bases de dados cartográficos.

