




Sistema Global de Navegação por Satélites (GNSS)



Coordenador:

Prof. Dr. Peterson Ricardo Fiorio

Dep. Eng. de Biosistemas – ESALQ/USP 

Colaborador:

Pedro

Piracicaba – SP

2020

GNSS: Sistema Global de Navegação por Satélites

1	Introdução.....	
2	GPS: Sistema de Posicionamento Global.....	
2.1	Segmento espacial.....	
	a) Arquitetura do sistema.....	
	b) Sinais GPS (portadora e códigos).....	
	c) Novas portadoras e códigos.....	
2.2	Segmento de controle.....	
2.3	Segmentos dos usuários.....	
	2.3.1 Tipos de receptores.....	
3	Princípio de funcionamento.....	
3.1	Introdução.....	
3.2	Cálculo da distância entre o satélite e o receptor.....	
4	Métodos de posicionamento.....	
4.1	Método de posicionamento absoluto.....	
4.2	Método de posicionamento relativo ou diferencial.....	
	a) Método de posicionamento diferencial em tempo real (RTK).....	
	b) Método de obtenção de dados.....	
5	Principais usos.....	

1. Introdução

Atualmente o nome mais usado é o GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite), isso pois o mesmo engloba o GPS (Americano); o GLONASS (Russo); o Galileo (Europeu); Beidou (China); QZSS (Japão), ou qualquer outro sistema de posicionamento a ser criado.

É importante ressaltar que atualmente em pleno funcionamento temos o GPS e Glonass e que apesar dos atrasos espera-se para 2020 o pleno funcionamento de Galileo.

Em comum todos têm como objetivo: fornecer a posição, velocidade e tempo em relação a sistema de referência diferente para qualquer ponto sobre a terra ou próxima da superfície da terra, em quaisquer condições meteorológicas.

O sistema GPS e Glonass foram implementados na década de 70 e declarados operacionais quase que simultaneamente em 1985 (GPS – Abril; Glonass – Dezembro).

Porém com o declínio da União Soviética e a falta de manutenção dos satélite Glonass o sistema GPS passou a ser o único.

Assim o GPS se popularizou entre os usuários civis, porém com erros nas coordenadas X e Y na navegação de até 100 m (método absoluto) devido a degradação do sinal imposto pelo DoD (Departamento de Defesa dos EUA). Em maio de 2000, o governo Americano retirou a degradação do sinal (código S/A) o que fez com que o erro de posicionamento que anteriormente era de 100 m, tenha atualmente em média 10 m.

Isso proporcionou um aumento na utilização do sistema de navegação pelo uso civil (veículos, aviões, celulares, entre outros). Vamos então descrever as principais características do sistema GPS.

2. GPS – Sistema de Posicionamento Global

O GPS foi desenvolvido e implementado na década de 70, é operado pelo Departamento de Defesa dos EUA (DoD – Department of Defense), originalmente para fins militares. Em 1977 foi liberado para uso civil nos EUA, e desde então vêm sendo mantido e aprimorado. Foi projetado para se determinar posição, velocidade e tempo em qualquer ponto sobre a

terra ou próximo da superfície da terra em qualquer condição meteorológica.

O sistema é composto por três segmentos: Segmento espacial; Segmento de controle; Segmento de usuário.

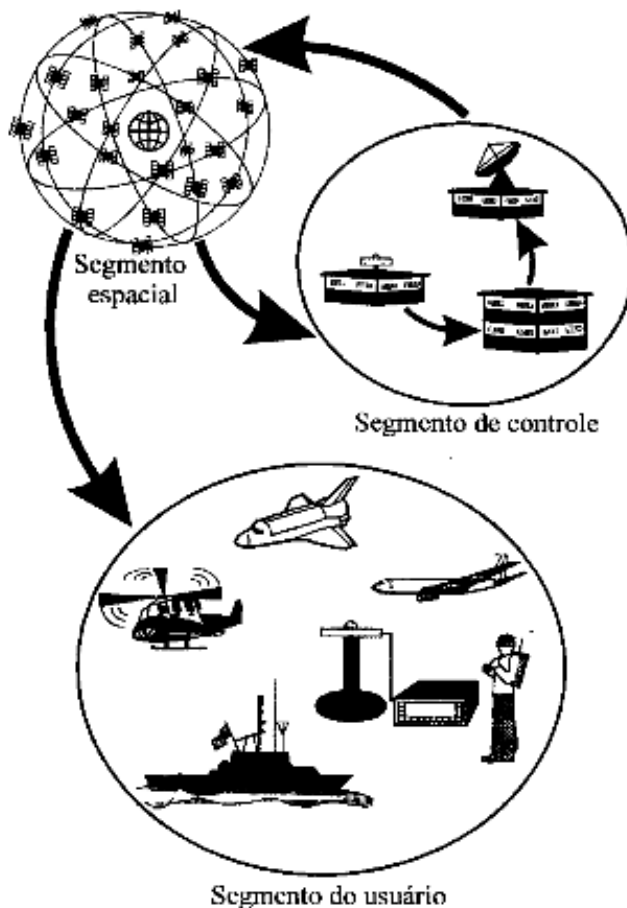


Figura 1 Segmentos GPS

2.1 Segmento espacial

O segmento espacial é composto pelos satélites ativos os quais emitem os sinais (portadoras/códigos).

- a) A constelação GPS é formada por 24 satélites os quais são distribuídos em 6 planos orbitais, com 4 satélites por plano igualmente espaçados em 60° de longitude e inclinados em 55° em relação ao Equador. Cada satélite faz uma órbita elíptica com altitude

média de 20.200 Km da superfície terrestre, com período orbital de aproximadamente 12 horas.

b)

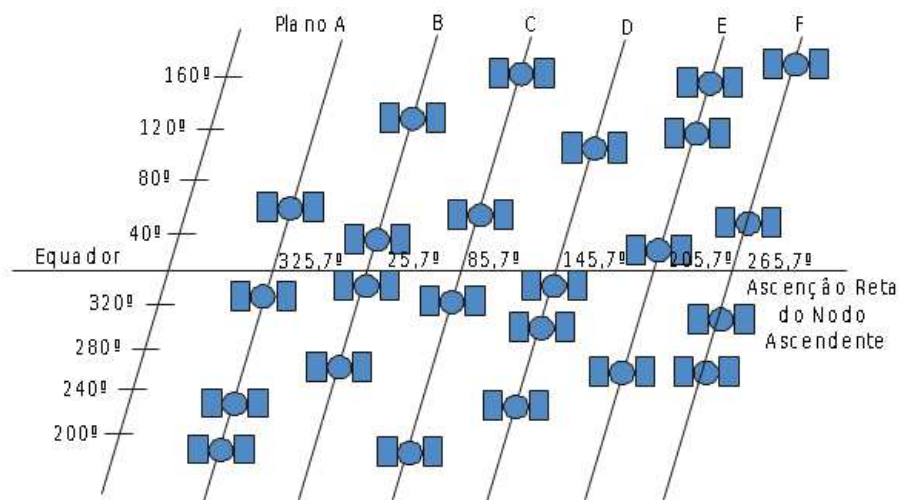


Figura 2 Distribuição dos satélites GPS nos planos orbitais (Monico,200)

A identificação de cada satélite usualmente é feita pelo código PRN o qual é apresentado na maioria dos receptores GPS. PRN – Pseudo Random Noise (ruído falsamente aleatório). Cada satélite têm um “ruído” característico que o diferencia dos demais, podendo assim ser numerado.

Além da arquitetura dos satélites também se atribui ao seguimento espacial gerar e transmitir o sinal GPS.

Etapas do desenvolvimento dos satélites GPS:

- 🌐 **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
- 🌐 **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.
- 🌐 **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.

🌐 **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:

- São equipados com osciladores de hidrogênio, que são pelo menos uma ordem de grandeza mais precisos que os osciladores de césio;
- Melhorias na parte de comunicação e predição de órbita a bordo;
- Pesam mais de 2.000 kg, mas custam a metade dos anteriores.

🌐 **Satélites Bloco IIR-M1:** operacionais em 2005

🌐 **18/09/2007;** Abolida definitivamente degradação

🌐 **2009;** Segundo sinal civil em operação L2C

🌐 **2010;** Satélites Bloco IIF e terceiro sinal civil L5

🌐 **16/05/2014;** 6º satélite do bloco IIF colocado em órbita

🌐 **2016;** Satélites GPS III

c) Sinais de GPS (portadora e códigos)

A obtenção das coordenadas (x, y, z) nos receptores do sistema GPS está baseado na obtenção das distâncias entre o satélite e o receptor. Para o cálculo dessa distância o satélite gera ondas eletromagnéticas (Portadora).

Assim, partindo-se de uma frequência fundamental (f_0) = 10,23 MHz controlada pelos osciladores atômicos de césio nos “relógios” de cada satélite, são geradas duas Portadoras denominadas L1 e L2:

$$L1 = 154 \times f_0 = 1575,42 \text{ MHz } (\lambda = 19,05 \text{ cm})$$

$$L2 = 120 \times f_0 = 1227,60 \text{ MHz } (\lambda = 24,45 \text{ cm})$$

As Portadoras são moduladas por uma frequência de pulsos denominada códigos sendo eles:

- Código P(Y) (Precision code):

Com frequência de 10,23 MHz e se repete a cada 267 dias (cerca de 37 semanas) com λ efetivo de 29,31 metros modulado em ambas as Portadoras “L1 e L2”. É de uso restrito dos militares dos EUA obtendo maior precisão.

-Código C/A (acquisition code):

Com frequência de 1,023 MHz é repetido a cada milissegundo e traz com ele as mensagens de navegação. É modulado apenas na portadora L1.

- Código (S/A) – disponibilidade seletiva:

Promove uma degradação do sinal o qual posicionamento absoluto (um único aparelho) gera um erro de 100 m na posição (x e y). Em maio de 2000 por determinação do governo Americano o código S/A o foi desativado fazendo com que o erro de posicionamento no modo absoluto fosse próximo de 5 - 10 m.

As portadoras L1 e L2 contêm também mensagens de navegação, as quais contêm parâmetros orbitais, dados para correção da propagação ionosférica, parâmetros para correção do relógio e outras informações para o sistema. Todos esses dados são transmitidos 50 MHz (baixa frequência).

Com essa breve explicação podemos notar que o sinal GPS tem três tipos de sinais envolvidos: Portadoras (L1 e L2); Códigos (C/A e P) e os dados (navegação do satélite, correção ionosférica, entre outros)

“Essa estrutura permite não só medir a fase da portadora e sua variação mas também o tempo de propagação”.

Exemplo de modulação bifásica da onda portadora:

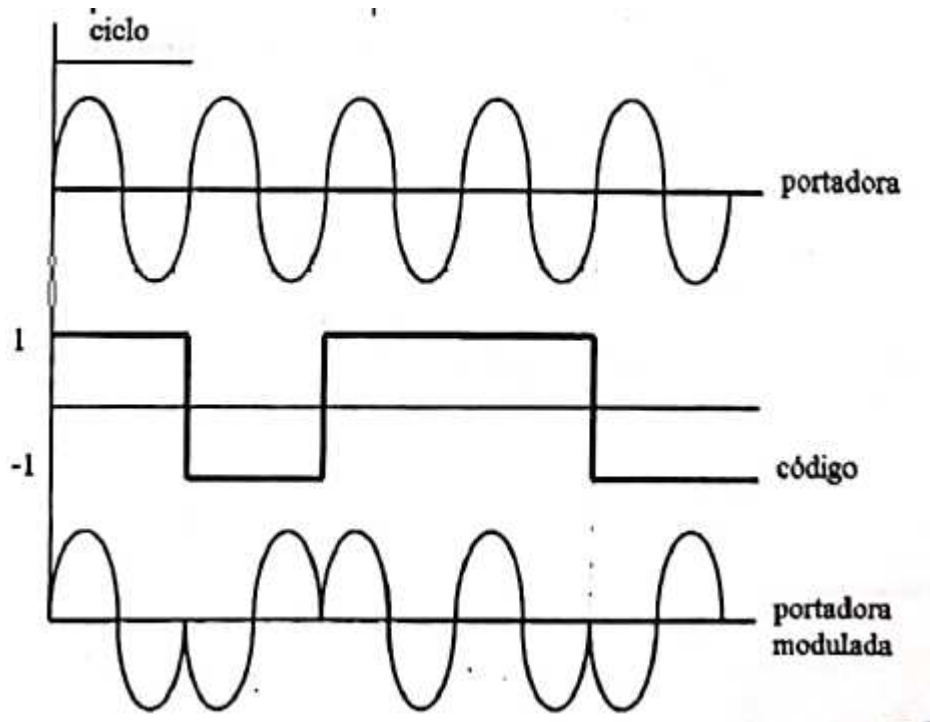


Figura 3 Modulação bifásica da onda portadora

d) Novas portadoras e códigos:

- Portadora L5 é transmitida pelos satélites do bloco II F, mais modernos, é baseado na frequência fundamental 10,23 MHz.

$$L5 = 115 \times f_0 = 1176,46 \text{ MHz } (\lambda \text{ aproximadamente de } 25,5 \text{ cm}).$$

- Código L2C é dividido em 2 códigos com diferentes λ (moderado, longo)

- CM (λ moderado): se repete a cada 20 milissegundos e é modulado com dados de navegação;
- CL (λ longo): se repete a cada 1,5 segundos e não possui dados modulados.

- Código L5C é um sinal civil e sua frequência pertence a ARNS (Aeronautical Radio Navigation Service) será amplamente utilizado pelo setor de aviação com receptor de dupla frequência para melhorar o posicionamento da aeronave.

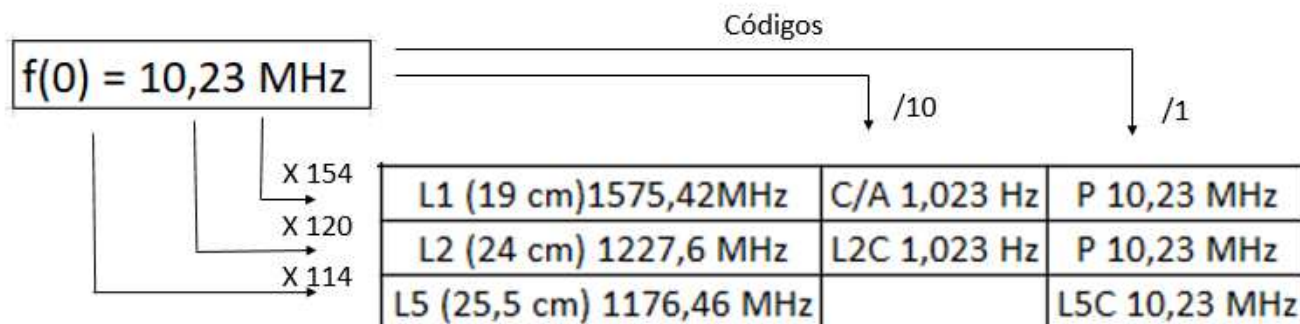


Figura 4 - Estrutura básica dos sinais GPS

2.2 Segmento de controle (OCS – Operational Control System)

O propósito do segmento de controle terrestre é:

- Rastrear os satélites e fornecer suas posições periodicamente;
- Manter os satélites em suas órbitas previstas e posicionar novos satélites após seu lançamento;
- Corrigir, prever as efemérides e o comportamento dos relógios dos satélites. (Obs: efemérides - conjunto de 16 a 20 elementos que definem a trajetória elipsoidal da órbita de cada satélite, ou seja, os dados de navegação do satélite);
- Atualizar periodicamente a mensagem de cada satélite.

O segmento controle é composto por 5 estações de monitoramento. Uma delas na Base Falcon em Colorado Springs é considerada a base MASTER (principal).

A ela cabe a coleta de dados das outras estações de monitoramento para calcular as órbitas, os parâmetros dos relógios dos satélites e futuras posições dos mesmos. Os resultados são transmitidos para uma das 4 estações para serem transmitidas aos satélites. Esse processo é realizado a cada 8 horas ou pelo menos 1 vez ao dia.

Após a transmissão dos dados, essas correções passam a fazer parte das efemérides transmitidas pelo satélite (mensagens de navegação).

2.3 Segmento dos usuários

O segmento dos usuários é constituído pelos receptores de GPS. As antenas nos receptores captam o sinal de quatro ou mais satélites, processam os dados e obtêm as coordenadas (x, y – longitude e latitude), altitude, velocidade (se em deslocamento) e o tempo dos pontos observados em um sistema de coordenadas o qual pode ser configurado no aparelho.

Podemos dividir os usuário em:

- Uso Militar – relacionado aos militares americanos, ressaltamos que o sistema foi criado para fins militares.
- Uso Civil – demais usos para navegação (aéreo, marítima e rodoviária), laser e esportes, levantamentos topográficos e outros fins.

2.3.1 Receptores GPS e Classificação

Os receptores GPS detectam, geram sinais simultaneamente e processam sinais emitidos pelos satélites.

De um modo geral os receptores são compostos pelas seguintes partes:

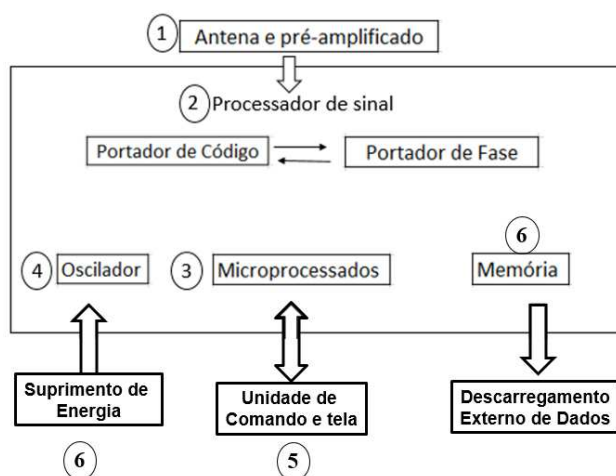


Figura 5 - Principais partes de um receptor GNSS:

- 1- Antena: detecção das ondas emitidas pelos satélites.
- 2- Seção de rádio frequência para identificação e processamento dos sinais: os sinais captados são convertidos para uma frequência mais baixa para facilitar as demais operações no receptor.
- 3- Microprocessador: tem função de controlar o receptor, amostragem e processamento dos dados. Controla as operações do receptor para obter e processar o sinal GPS, decodificar a mensagem de navegação. Também calcular as posições e velocidades.
- 4- Oscilador: os osciladores do receptor são de quartzo, assim tem a função de gerar internamente ondas semelhantes às que chegam no satélite (cálculo do tempo).
- 5- Interface com o usuário, painel de comandos: também chamada de controladora.
- 6- Memória e Baterias: memória para armazenamento de dados e bateria para suprir a demanda do equipamento.

No mercado existem várias marcas e modelos diferentes, com os mais diversos usos: de relógio e celulares com GPS até aparelhos para levantamentos geodésicos.

A classificação dos receptores GPS pode ser de acordo com a precisão:

- Precisão de 5 - 10 m: utilizam apenas o código C/A da portadora L1 para realizar o posicionamento. Trabalham no método absoluto, sem armazenar dados para a correção pós processada. Tem precisão de 5 – 10 m no posicionamento. São utilizados basicamente para navegação.

- Precisão 1 - 5 m: são receptores de uma frequência (L1 + código C/A) que permitem armazenar dados contidos no sinal GPS, realizar pós-processamento. São ideais para aplicações de coletas de dados para (SIG's). Dependendo da distância do receptor (Rover – campo), do receptor (base) e do tempo de coleta de dados (> 20 min) podem obter precisões < 1 m pós-processados, ou em tempo real (DGPS / RTK).

- Precisão < 1 m: são receptores (L1 + C/A, com medições de fase L2) permitem armazenar dados e realizar pós-processamento ou em tempo real (RTK) podem ser utilizados para levantamentos topográficos, e de

acordo com o tempo de rastreamento do satélite pode obter precisão de centímetros.

No Georreferenciamento de Imóveis Rurais os aparelhos GPS são classificados por:

- GNSS 1: posicionamento absoluto, navegação código C/A (não admitido pelo Geo).

- GNSS 2: solução diferencial baseada no código C/A, com correção das pseudodistâncias em tempo real (DGPS). (Não admitido, aparelhos cinemáticos, usados geralmente em Agricultura de Precisão, AP).

- GNSS 3: solução baseada nos códigos Y(P) fase portadora (L1) com correção diferencial em pós-processamento (aceito para o Geo com distância Base-Rover de no máximo 20 Km).

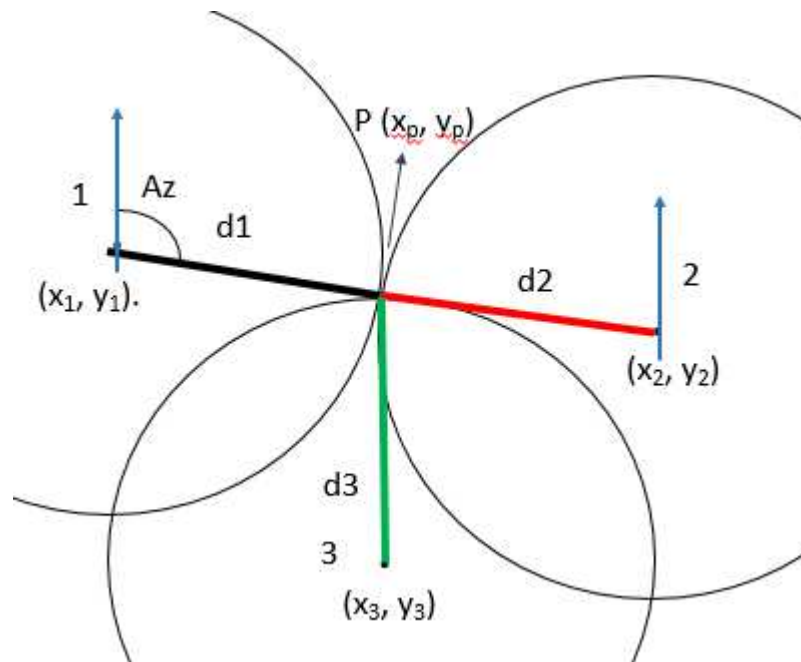
- GNSS 4: solução baseada na fase das portadoras (L1 +L2) com solução de ambiguidades, com correção diferencial pós-processada ou tempo real (distância Base – Rover de até 300 km).

3. Princípio do funcionamento do GPS

3.1 Introdução

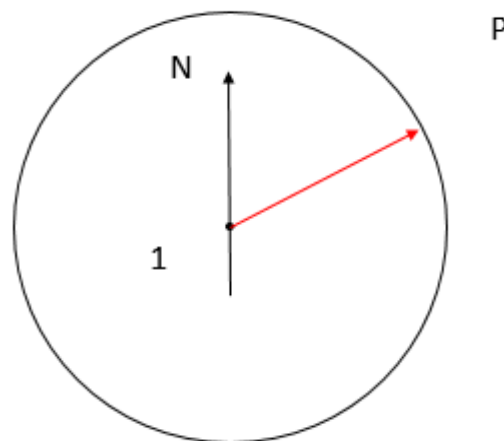
Como já comentado ao sistema GPS é dividido em três segmentos (espacial, controle e usuários). A base sólida desse sistema está na posição em que cada satélite na órbita, em cada momento (segmento espacial e de controle). Porém o sistema GPS tem a função de determinar a posição de um ponto na superfície terrestre, como isso é possível?

Vamos observar o esquema abaixo, onde a coordenada do ponto P pode ser calculada usando três bases como referência (pontos 1, 2 e 3 com coordenadas conhecidas).



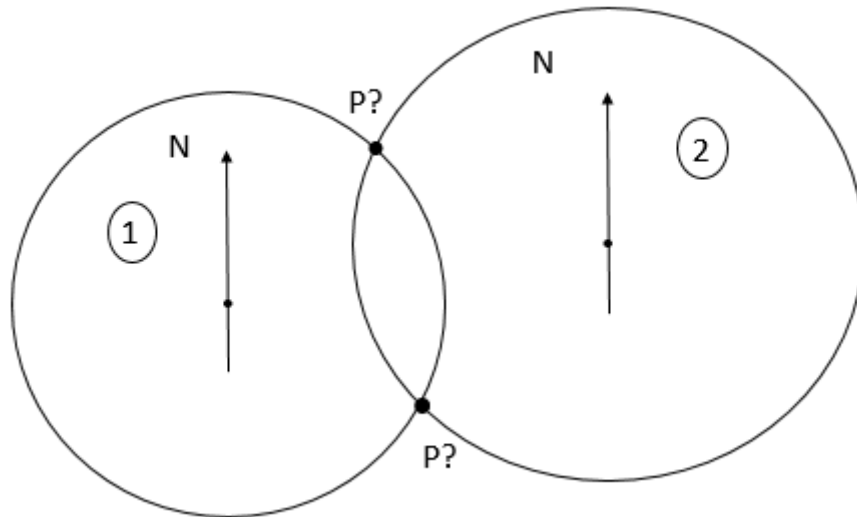
Assim: imagine que se queira determinar a posição do ponto $P(x_p, y_p)$. Em um primeiro momento temos o conhecimento apenas da posição 1 coordenadas (x_1, y_1) .

Sabe-se que a distância do ponto P ao ponto 1 é de 300 m.



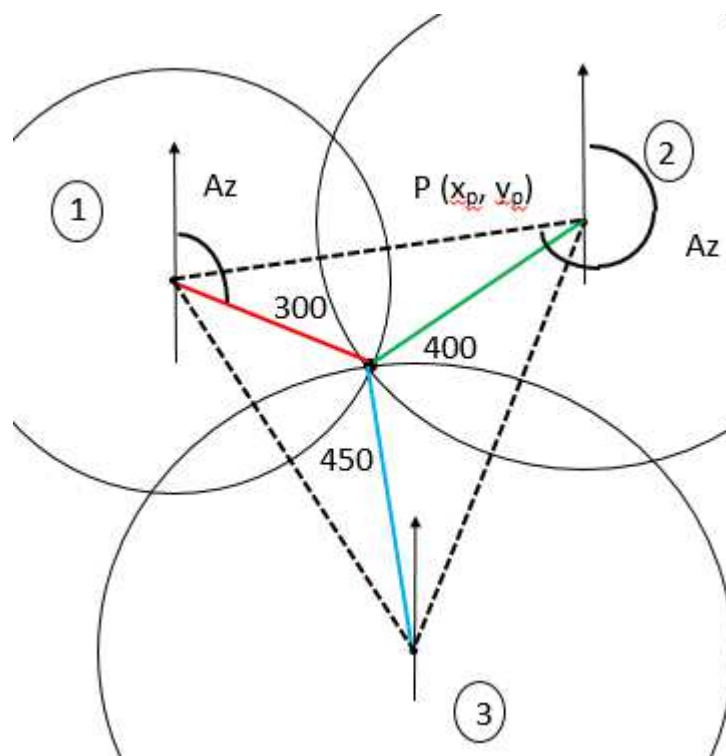
Com apenas essa informação o ponto $P(x_p, y_p)$ pode estar em qualquer posição da circunferência.

Vamos acrescentar agora um segundo ponto de referência, o ponto 2 (x_2, y_2) com uma distância de 400 m.



Com duas referências (ponto 1 e 2) e as distâncias em relação ao ponto $P(x_p, y_p)$ já se têm uma ideia de duas possíveis posições para P .

Vamos apresentar agora mais um ponto de referência, o ponto 3 (x_3, y_3) que se encontra a 450 m do ponto P .



A posição do ponto $P(x_0, y_0)$ pode ser calculada pois temos agora ângulos e distâncias de três “Bases” conhecidas.

O procedimento matemático utilizado para calcular as coordenadas do ponto “P (x_0, y_0)” é denominado de “trilateração”.

Apesar da explicação estar em um plano cartesiano (x, y) esse procedimento é a base da explicação da obtenção da coordenada GPS.

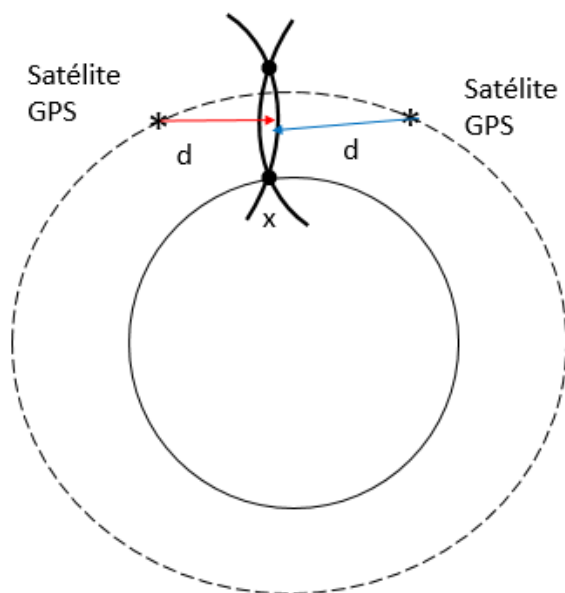


Figura 6 Exemplificação da obtenção da coordenada, forma simplificada “2D”:

As coordenadas do satélite em órbita são conhecidas, sendo que os mesmos passam a ser as referências e posições (“Bases”). O método todo agora é baseado em obter as distâncias entre os satélites em órbita e o receptor GPS.

Assim temos agora o “sinal GPS”, as portadoras e os códigos.

3.2 Cálculo da distância entre o satélite e o receptor GPS

De uma forma bem simples temos que

$$\mathbf{d = v \cdot t,}$$

sendo:

- d = distância (entre satélite e receptor GPS);
- v = velocidade (constante: velocidade da luz, 300.000 Km/s);
- t = tempo.

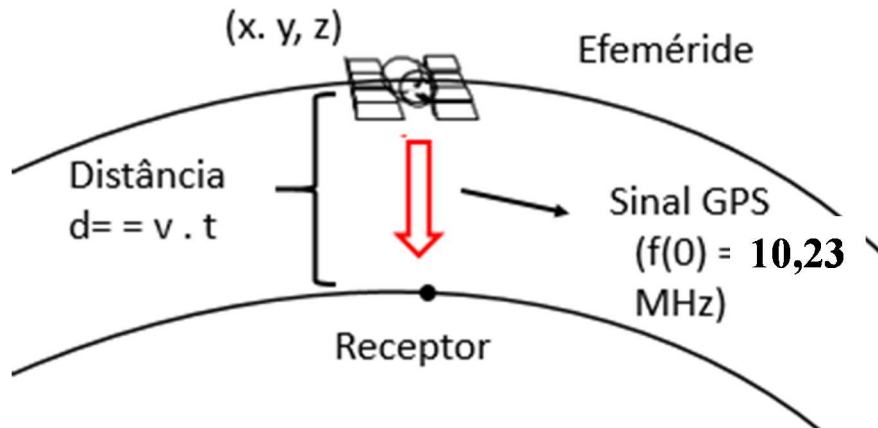


Figura 7 Exemplificação arquitetura de recepção de dados GPS

Ao observar a fórmula do cálculo da distância e a ilustração acima, temos que a velocidade da luz no vácuo é constante (300.000 Km/s aproximadamente), assim o cálculo da distância se resume a como obter o tempo.

A pergunta agora é saber quando o sinal partiu do satélite? Quando o sinal chegou no receptor?

O cálculo dessa variação do tempo (Δt) é possível devido ao sinal GPS (Portadoras e códigos). Uma das grandes ideias do sistema GPS, para se obter o tempo, foi o de sincronizar o receptor e o satélite de modo que estejam gerando o mesmo código 'exatamente' ao mesmo tempo.

Assim o receptor recebe os códigos do satélite e há quanto tempo atrás o receptor gerou o mesmo código.

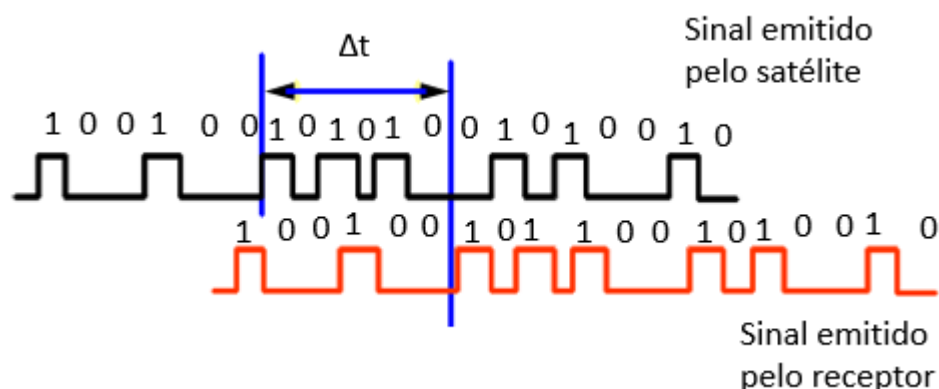


Figura 8 Exemplificação dos códigos Satélite e Receptor GPS

Δt – tempo medido pela diferença entre as mesmas partes dos códigos.

Com a obtenção do tempo é possível de se calcular a distância entre o receptor e o satélite, obtendo, assim, a coordenada do local desejado. A arquitetura da obtenção da coordenada pode ser observado na ilustração abaixo:

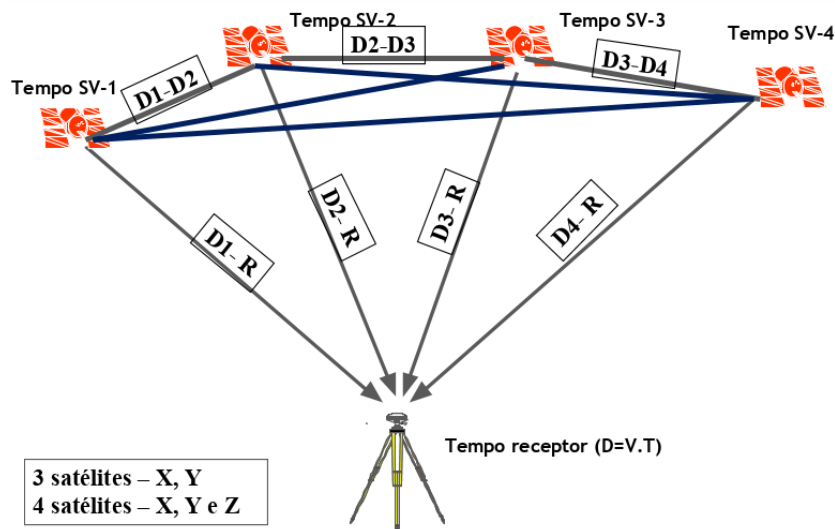


Figura 9 Exemplificação rastreamento do sinal GPS por um receptor GPS

O sistema consegue com três satélites obter as coordenadas x, y, porém com 4 satélites têm uma maior precisão e obtém-se as coordenadas x, y e z.

Basicamente: partindo-se de quatro medições de distâncias (4 satélites) pode-se obter a posição. Para resolver 4 incógnitas (tempo, latitude, longitude e altitude) são necessárias quatro equações.

“A trigonometria – três medições perfeitas localizam um ponto no espaço tridimensional. Então quatro medidas imperfeitas podem minimizar (‘eliminar’) qualquer desvio de medida da hora (tempo de sincronismo do satélite x receptor”.

4. Métodos de posicionamento

É a forma como as coordenadas são obtidas com os receptores GPS. Podemos dividir em:

4.1 Método de posicionamento “Absoluto”

É o método no qual as coordenadas (x, y, z) são obtidas apenas usando um receptor GPS, medindo pseudodistâncias, derivadas do código C/A, presente na portadora L_1 .

Basicamente, ao ligar um receptor GPS, o mesmo passa a receber os sinais de satélites, obtendo a coordenada do ponto.

Assim é utilizado para fins de navegação, precisão entre 5 – 10 m.

Exemplos de uso (waze, rastreamento veicular, navegação de modo geral).

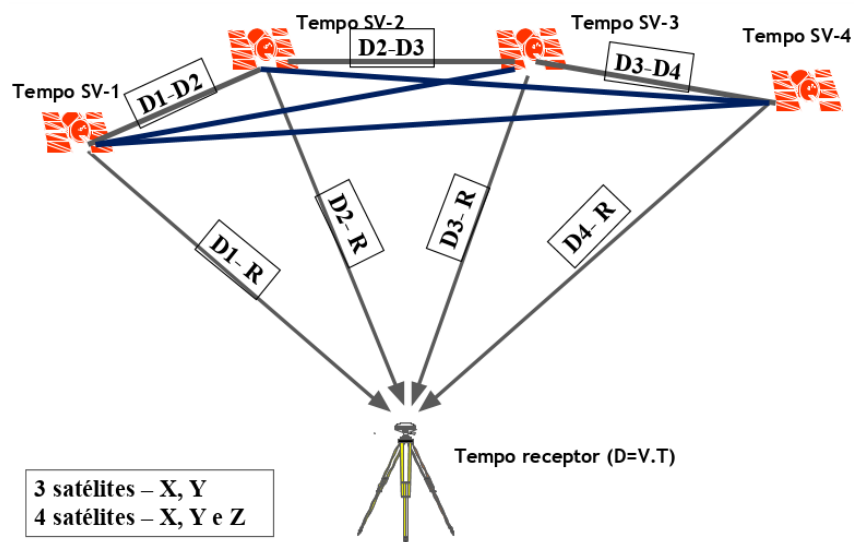


Figura 10 Rastreamento do sinal GPS por um único receptor GPS, Método Absoluto.

Existem uma infinidade de aparelhos e marcas no mercado para realizar a navegação pelo método absoluto.

4.2 Método de posicionamento remoto ou diferencial (DGPS)

Nesse método se necessita de pelo menos 2 receptores GPS. Um dos aparelhos deve entrar em um ponto com coordenadas conhecidas (longitude, latitude e altura) e recebe a denominação de Base.

Hoje, no Brasil, temos a Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (RBMC). Essa rede é formada por marcos geodésicos homologados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os marcos da RBMC servem como base GPS e fornecem os dados de rastreamento de satélites diariamente desde 2017, na rede.

O segundo receptor GPS é instalado no ponto que se deseja obter as coordenadas. Esse aparelho é denominado de “Rover” ou aparelho de campo.

Neste método a posição do ponto (Rover) é determinada em relação à outro ponto (Base) cuja as coordenadas são conhecidas.

Esse método parte do pressuposto que alguns erros dos sistemas GPS são sistemáticos para ambos os aparelhos, dependendo da linha de Base (que é a distância entre a Base e o Rover), pois pelo menos dois satélites GPS têm que estar sendo rastreados ao mesmo tempo por ambos aparelhos (Base e Rover).

Os principais erros do Sistema GPS:

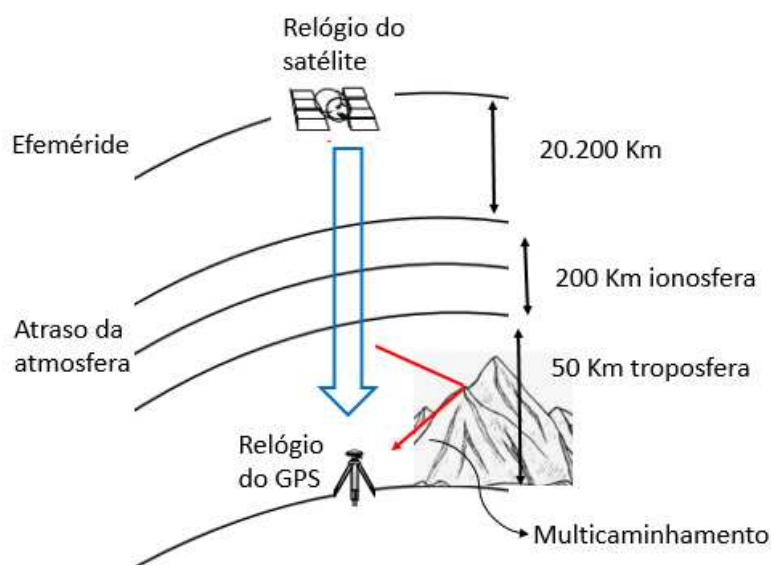


Figura 11 Principais Erros do sistema GPS

1 - Erros do relógio no cálculo da distância (pseudodistância). Como já comentado existe uma diferença entre o relógio do satélite (atômico: gera a função fundamental, 10,23 MHz e mede as oscilações das ondas com altíssima precisão) e o relógio de quartzo do receptor, que apesar de gerar o mesmo código, não tem a mesma precisão.

2 – Efemérides: apesar de controlado diariamente pelo DoD, ainda pode ocorrer pequenas variações na órbita do satélite gerando assim erros no posicionamento.

3 – Atraso da atmosfera: dado o cálculo da distância ($d = v.t$) se baseia em que as ondas de rádio (L_1 e L_2) tenham velocidade constante de 300.000 Km/s (velocidade da luz), o mesmo ocorre no vácuo. Ao passar pela

ionosfera e troposfera temos uma diminuição nessa velocidade causando assim pequenos erros nos cálculos.

4 – O multicaminhamento: ocorre quando as ondas de rádio (L_1 e L_2) não fazem um “caminho direto” entre o satélite GPS e a antena do receptor GPS, gerando assim um tempo maior que o real.

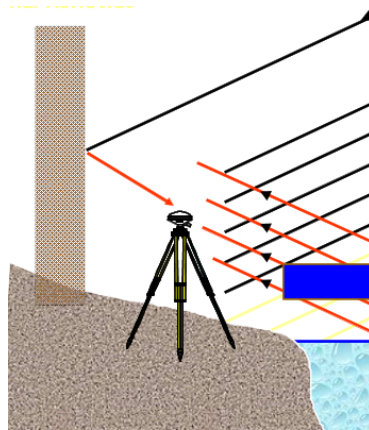


Figura 12 Representação do multicaminhamento.

Nesse, os aparelhos que realizam o método pós-processado ou em tempo real utilizam um artifício na sua configuração, adicionando uma máscara de 15° na sua antena, para entrar o multicaminhamento.



Figura 13 Mascará de elevação, para recepção do sinal GPS, para diminuir erro de multicaminhamento

Assim sendo: o uso de dados de posição coletados ao longo do tempo na “Base” vai possibilitar calcular os erros de posicionamento para cada tempo, no ROVER (aparelho de campo). Vamos observar o esquema abaixo:

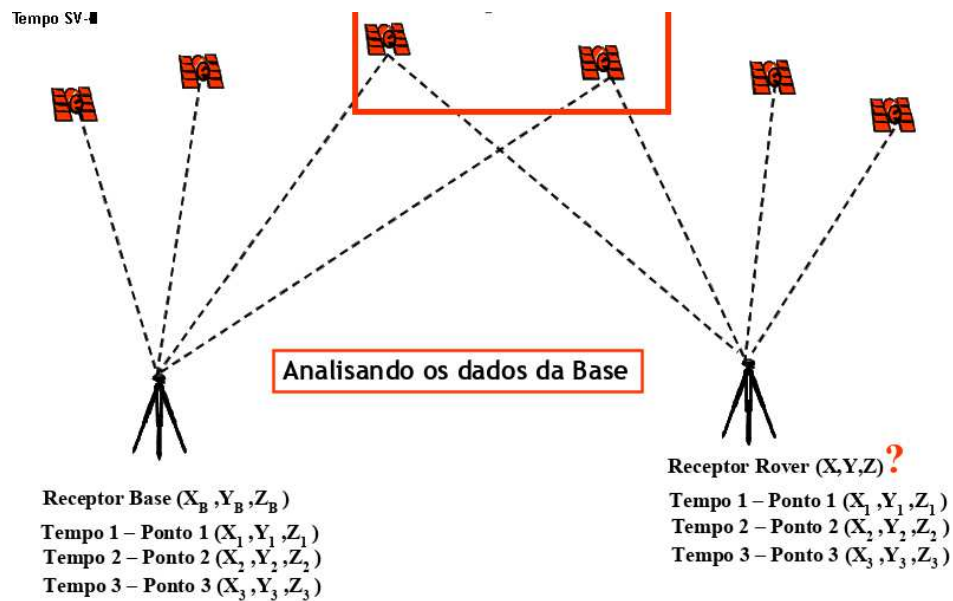
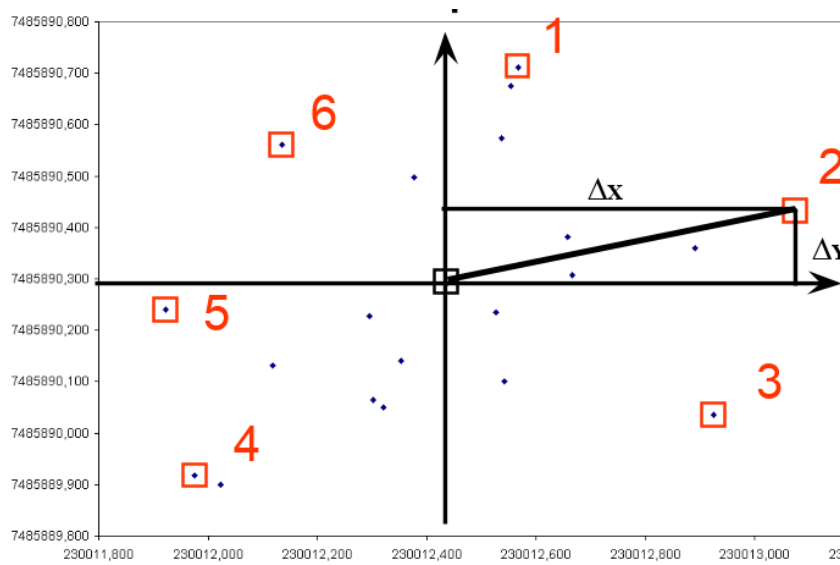


Figura 14 Rastreamento do sinal GPS por dois receptores GPS, Método Relativo.

O que podemos medir na Base?

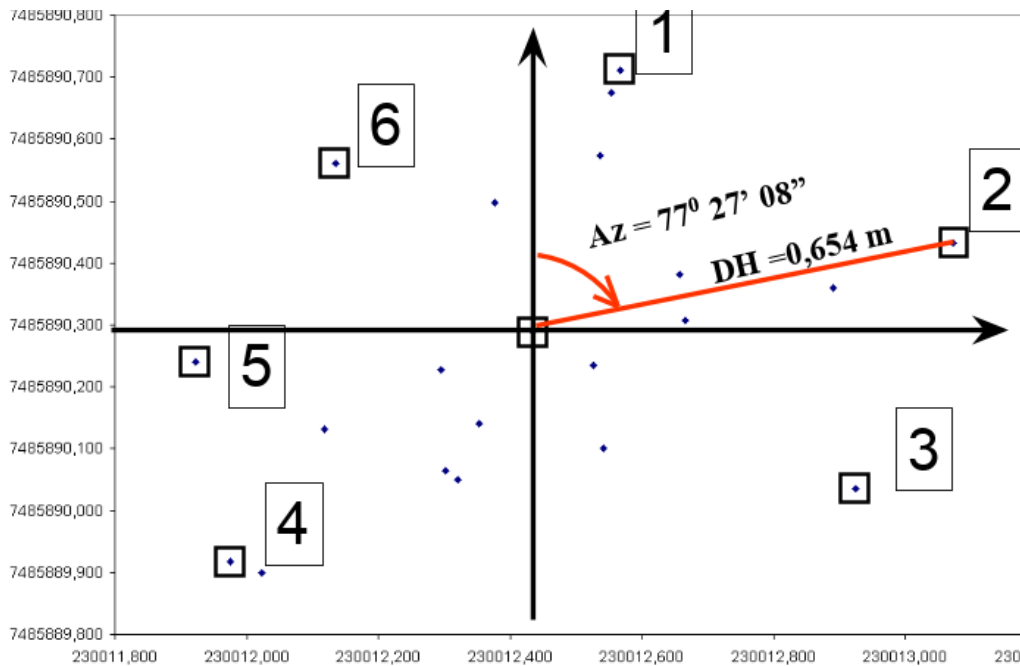


□ Dados da Base (230.012,434; 7.485.890,290)

- Coordenada conhecida base (x_b, y_b, z_b) .

Portanto para o Tempo 1 temos: como calcular o deslocamento do ponto (variação) em X e Y.

Essa variação permite calcular não só a distância (DH, Pitágoras); mas também a direção (Azimute), em que se encontra esse ponto (Tempo 1).



A distância entre a Base e o T_1 é dada pela equação:

$$D_{B-T1} = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}$$

A direção entre a Base e o T_1 é dada pelo ângulo denominado de azimute (é o ângulo formado entre o alinhamento B – T_1 e a referência Norte – no caso dependendo do sistema de coordenada – UTM – Norte do Quadrícula).

Calculando: $\arctg = \Delta x / \Delta y \rightarrow$ Azimute de vante

O procedimento é realizado para todas as observações fazendo com que o erro sistemático seja corrigido, pois é possível de ser calculado, em referência (Relativo) a BASE.

Além dessa correção “Relativa”, os programas que realizam o pós-processamento também se utilizam dos dados de navegação (efemérides) e de correção da propagação da ionosfera que são transmitidos do satélite GPS ao receptor GPS juntamente com as portadoras em uma frequência de 50 MHz como explicado anteriormente, melhorando assim os cálculos das coordenadas pós-processadas.

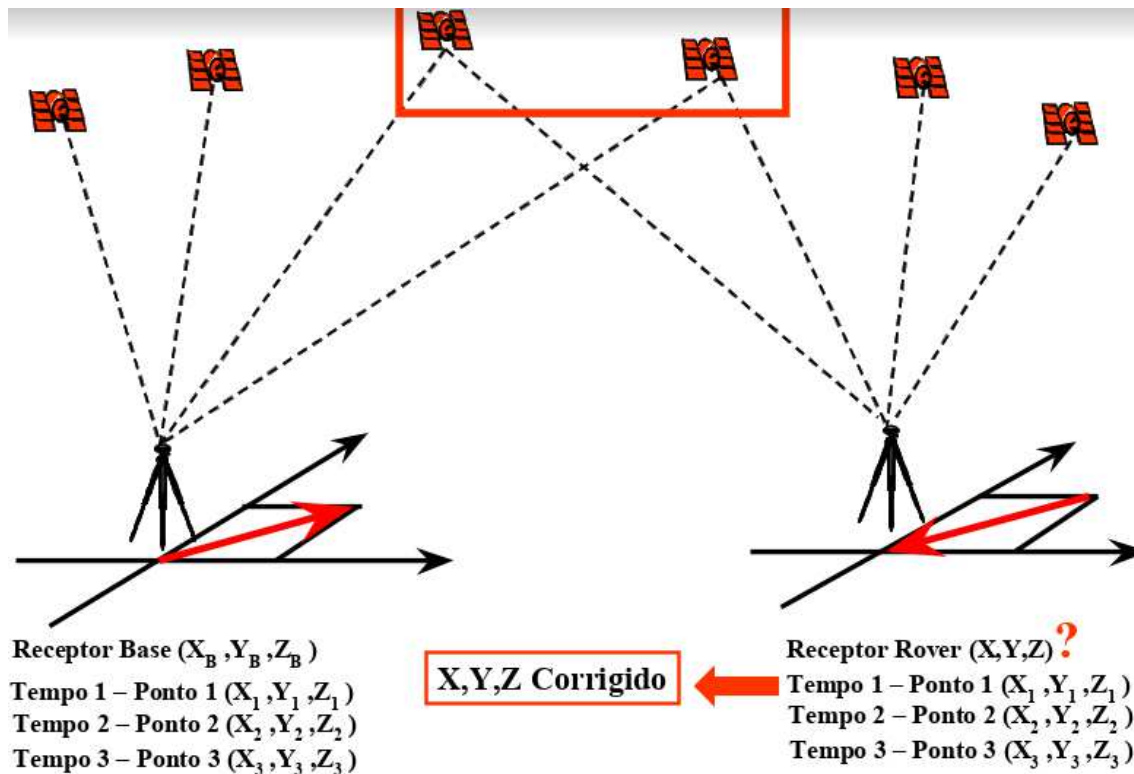


Figura 15 Exemplificação da correção da posição de campo, em relação a BASE

a) Método de posicionamento Diferencial em Tempo Real (RTK).

RTK – Real Time Kinematic (Posicionamento Cinemático em Tempo Real).

Nesse método ao invés dos dados do Rover e da Base serem processados e corrigidos posteriormente, isso ocorre no exato momento da coleta de dados (coordenada).

As informações necessárias para esse processamento são transmitidas via rádio entre a Base e o Rover. O programa processa os dados gerando as coordenadas já corrigidas. Esse método impulsionou a Agricultura de Precisão.

4.2.1 Obtenção dos dados

- Método estático

2 receptores / 1 hora de rastreamento (L_1 e L_2 + C/A).

- Cinemático:

2 receptores / 1 Base da portadora / requer rastreamento contínuo.

- Stop and Go (Semi-cinemático):

2 receptores / 1 minuto para ponto / Base 20 Km / rastreio contínuo.

- Pseudo cinemático: o mesmo receptor ocupa o mesmo ponto duas vezes com em torno de 1 hora para explorar a geometria dos satélites / 20 Km Base.

- Estático rápido: 2 receptores / 20 Km menor tempo que o estático.

5. Principais usos

- Transportadores;
- Agricultura:
 - AP
 - Topografia / Georreferenciamento
 - Amostragem para levantamento de solos.