

DISCIPLINA

Leituras Cartográficas e Interpretações Estatísticas II

Noções básicas de sistema de posicionamento global GPS

Autores

Edilson Alves de Carvalho

Paulo César de Araújo



Governo Federal

Presidente da República
Luiz Inácio Lula da Silva

Ministro da Educação
Fernando Haddad

Secretário de Educação a Distância – SEED
Carlos Eduardo Bielschowsky

**Universidade Federal do Rio Grande do Norte**

Rector
José Ivonildo do Rêgo

Vice-Rector
Ângela Maria Paiva Cruz

Secretaria de Educação a Distância
Vera Lucia do Amaral

Universidade Estadual da Paraíba

Rectora
Marlene Alves Sousa Luna

Vice-Rector
Aldo Bezerra Maciel

Coordenadora Institucional de Programas Especiais – CIPE
Eliane de Moura Silva

Secretaria de Educação a Distância – SEDIS/UFRN

Coordenadora da Produção dos Materiais
Marta Maria Castanho Almeida Pernambuco

Coordenador de Edição
Ary Sergio Braga Olinisky

Projeto Gráfico
Ivana Lima

Revisores de Estrutura e Linguagem

Eugenio Tavares Borges
Janio Gustavo Barbosa
Thalyta Mabel Nobre Barbosa

Revisora das Normas da ABNT
Verônica Pinheiro da Silva

Revisores de Língua Portuguesa
Flávia Angélica de Amorim Andrade

Janaina Tomaz Capistrano
Kaline Sampaio de Araújo
Samuel Anderson de Oliveira Lima

Revisoras Tipográficas

Adriana Rodrigues Gomes
Margareth Pereira Dias
Nouraide Queiroz

Arte e Ilustração

Adauto Harley
Carolina Costa
Heinkel Huguenin
Leonardo Feitoza

Diagramadores

Ivana Lima
Johann Jean Evangelista de Melo
José Antonio Bezerra Junior
Mariana Araújo de Brito
Vitor Gomes Pimentel

Adaptação para Módulo Matemático

Joacy Guilherme de A. F. Filho

Divisão de Serviços Técnicos

Catalogação da publicação na Fonte. UFRN/Biblioteca Central "Zila Mamede"

Carvalho, Edilson Alves de.
Leituras cartográficas e interpretações estatísticas II / Edilson Alves de Carvalho, Paulo César de Araújo. – Natal, RN: EDUFRN, 2009.

244 p.

12 v.

ISBN: 978-85-7273-525-4

Conteúdo: Aula 01 – Maquetes: as representações do relevo em terceira dimensão; Aula 02 – As representações tridimensionais digitais do relevo; Aula 03 – Os cartogramas temáticos qualitativos e a análise geográfica; Aula 04 – Bases estatísticas para as representações cartográficas quantitativas; Aula 05 – OS cartogramas temáticos quantitativos; Aula 06 – O globo terrestre e seu uso no ensino da geografia; Aula 07 – Os mapas mentais e a representação informal dos lugares; Aula 08 – Noções básicas de sistema de posicionamento global GPS; Aula 09 – Sistemas de informação geográfica e sua aplicação no ensino de geografia; Aula 10 – As fotografias aéreas e sua utilização pela cartografia. Aula 11 – Interpretação de imagens de satélite; Aula 12 – A cartografia e a internet.

1. Geografia. 2. Representações cartográficas. 3. Cartografia temática. 4. Geotecnologias. 5. Ensino da geografia. I. Araújo, Paulo César. II. Título.

CDD 910

CDU 91

RN/UF/BCZM 2009/46

Apresentação

Desde o início da civilização, o homem sentiu necessidade de conhecer a sua localização na superfície da Terra como essencial ao desenvolvimento de suas atividades. Em função disso, sempre buscou desenvolver técnicas e instrumentos que facilitassem o seu deslocamento, o que culminou com o desenvolvimento do Sistema de Posicionamento Global (GPS). O GPS foi concebido, a princípio, para uso militar. No entanto, em função da precisão fornecida pelos seus dados, tornou-se indispensável em várias aplicações, com destaque especial por ser um importante método de aquisição de dados para a Cartografia. Nessa aula, veremos os conceitos básicos e os principais usos desses sistemas, na Cartografia e na Geografia.

Objetivos

- 1** Aprender os conceitos básicos do sistema de posicionamento global GPS.
- 2** Compreender a importância do sistema de posicionamento global na Cartografia.
- 3** Entender os limites operacionais do sistema GPS, tanto na navegação quanto nos levantamentos terrestres.
- 4** Compreender a necessidade de observar certos cuidados no planejamento e realização das medições, para assegurar a qualidade das coordenadas obtidas.



Breve histórico do sistema GPS

Desde a década de 1960, a Força Aérea e a Marinha dos Estados Unidos da América vêm trabalhando no desenvolvimento de um sistema de navegação por satélites. A Marinha patrocinou dois programas, chamados *Transite* e *Timation*, ambos operando em modo 2D (duas dimensões), pois usavam apenas latitude e longitude. No mesmo período, a Força Aérea estudou o uso de um sistema em modo 3D (tridimensional), que, além da latitude e da longitude, incorporava a altitude, através de um programa de computador denominado 612B.

No ano de 1973, o Departamento de Defesa dos Estados Unidos desenvolveu um sistema de posicionamento de alvos para fins militares. Surgiu, daí, o programa NAVSTAR GPS, por meio da fusão dos programas *Timation* e 621B. Começava a se desenhar um novo horizonte para execução de trabalhos geodésicos e topográficos, apesar do objetivo inicial não ser esse. Em dezembro desse ano, foi autorizado o início da primeira fase do programa, que durou até 1979. Foram feitos estudos sobre a performance e a real viabilidade do sistema. Em seguida, teve início a segunda fase, com desenvolvimento e teste dos equipamentos GPS, que durou até 1985.

Na terceira fase, os aparelhos GPS foram produzidos e a rede de 24 satélites foi finalizada. O sistema passou a proporcionar cobertura completa, conhecida como FOC (*Full Operational Capability*), graças à operação simultânea dos satélites.

O GPS surgiu com objetivos bélicos, ou seja, com o objetivo de facilitar os deslocamentos de tropas, a localização de tropas inimigas e a navegação de alta precisão para transporte militar e de mísseis. Seu uso foi testado na Guerra do Golfo, facilitando a locomoção das tropas no deserto. Os mísseis passaram a atingir seus alvos com erros mínimos. Em 1980, o então presidente Ronald Reagan (1911-2004) autorizou o uso civil do sistema.

Em 1994, o sistema atingiu sua configuração final, e a partir daí foi possível integrá-lo totalmente às operações de levantamentos terrestres. Desde então, alavancado pelas necessidades apresentadas pela sociedade, o sistema *Global Positioning System - GPS* (Sistema de Posicionamento Global) tornou-se um forte concorrente dos meios tradicionais de levantamentos, bem como um instrumento eficaz de apoio à navegação marítima, aérea e terrestre.

Com a chegada do GPS, criaram-se novas frentes de trabalho. Esse fenômeno pode ser notado com a abertura e operação de empresas especializadas no uso e aplicação desse sistema, assim como com a abertura de representações técnicas e comerciais voltadas para a venda e manutenção dos receptores GPS.

Para saber mais

Quando o governo norte-americano autorizou o uso civil do sistema GPS, o Departamento de Defesa implantou um erro artificial no sistema chamado “Disponibilidade Seletiva”, para resguardar a segurança interna do país. A Disponibilidade Seletiva foi cancelada por um decreto do Presidente Clinton, em maio de 2000, pois o contínuo desenvolvimento tecnológico permitiu ao Departamento de Defesa obstruir a precisão do Sistema onde e quando os interesses americanos exigissem. Com o decreto, o erro médio de 100 metros na localização do receptor ficou dez vezes menor.

Definição e objetivos do sistema GPS

O Sistema de Posicionamento Global, conhecido por GPS (*Global Positioning System*) ou NAVSTAR-GPS (*Navigation Satellite with Time And Ranging*), é um sistema de radionavegação desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América, visando inicialmente ser o principal sistema de navegação do exército americano.

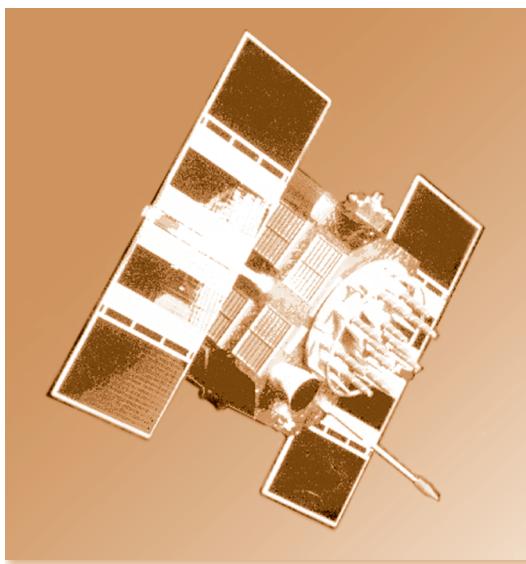


Foto: Nasa

Figura 1 – Satélite GPS NAVSTAR.

Esse sistema está programado para nos fornecer coordenadas bi ou tridimensionais de pontos no terreno, bem como a velocidade e direção com que nos deslocamos entre pontos. O GPS tem como objetivo auxiliar as atividades de navegação e realização de levantamentos geodésicos e topográficos. O sistema opera ininterruptamente, 24 horas por dia, independentemente das condições meteorológicas (muito embora essas condições possam provocar algum tipo de interferência na qualidade dos resultados do levantamento).



Figura 2 – Concepção artística da constelação de satélites GPS.

O sistema é programado para que pelo menos 4 satélites possam ser observados a qualquer momento do dia e em qualquer parte do planeta. Assim, o sistema GPS garante a determinação de posição 24 horas do dia, em qualquer lugar do planeta em que esteja o observador.

Fonte:<<http://eletronicos.hsw.uol.com.br/receptores-gps.htm>> Acesso em: 6 fev. 2009.

Atividade 1

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) é uma tecnologia que tem provocado grande impacto na sociedade. O que motivou o desenvolvimento desse sistema?

Princípio de funcionamento do sistema GPS

O modelo adotado pelo sistema GPS fundamenta-se na determinação da distância entre um ponto denominado **receptor** e os pontos de referência, que são os **satélites**. Assim, conhecendo-se a distância que separa o receptor de três pontos de referência, ou três satélites, pode-se determinar a posição relativa do receptor através da interseção de três circunferências cujos raios são as distâncias medidas entre o receptor e os satélites.

Podemos ver que os princípios básicos de funcionamento do GPS são bastante simples, apesar dessa tecnologia empregar equipamentos complexos e de alta tecnologia. Todo o sistema tem como base a triangulação dos satélites, cujos sinais o usuário pode receber através de receptores de vários tipos.

Cada satélite emite um sinal codificado que o identifica. O aparelho receptor interpreta o sinal enviado e calcula a distância do receptor até o satélite que emitiu o sinal. Esse cálculo é efetuado em função do tempo que o sinal demora até chegar ao receptor, sabendo-se que viaja à velocidade da luz ($\text{tempo demorado} \times 300.000 \text{ km/h} = \text{distância}$). Como essa velocidade é muito alta, o sistema utiliza relógios da mais alta precisão. Os satélites dispõem de relógios atômicos, considerados atualmente como o instrumento de medição de tempo mais preciso desenvolvido pelo homem.

O cálculo de cada posição é obtido com a intersecção das medições realizadas pelos satélites. Com a intersecção de apenas três destes satélites, é possível calcular uma posição em duas dimensões (cálculo da latitude e da longitude). Contudo, para que o cálculo dessas posições seja perfeito, não poderão existir erros nas medições de tempo efetuadas. Com a intersecção de mais um satélite, já é possível obter posições a três dimensões (latitude, longitude e altitude). Embora possa ocorrer algum erro num dos cálculos, ele é facilmente diluído no conjunto das quatro medições.

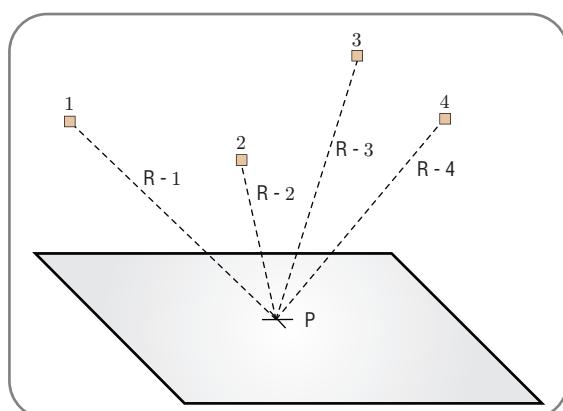


Figura 3 – Determinação das coordenadas do ponto P , a partir das coordenadas de 4 satélites.

Para identificação da posição de pontos ou locais de interesse, o sistema GPS utiliza-se das coordenadas dos seus satélites. Essas coordenadas estão referenciadas a um **sistema geodésico** (ver Aula 6, Forma e dimensões da Terra, da disciplina Leituras Cartográficas e Interpretações Estatísticas I). Esse é o mesmo sistema utilizado pelo receptor GPS para processar os dados recebidos e determinar as coordenadas dos pontos de interesse.

O GPS utiliza um sistema de referência tridimensional para a determinação da posição de um ponto da superfície da Terra ou próximo a ela. As coordenadas dessas posições são adquiridas no sistema geodésico WGS-84, ao qual o GPS encontra-se referido. No entanto, o usuário pode selecionar, no receptor ou no processamento, outro sistema de referência para apresentação das coordenadas.

Na Figura a seguir podemos observar que, mesmo com o GPS operando em WGS-84, é possível obter as coordenadas em qualquer sistema de referência, seja utilizando os parâmetros de transformação durante o processamento ou o aplicativo que existe no próprio aparelho receptor com este objetivo.

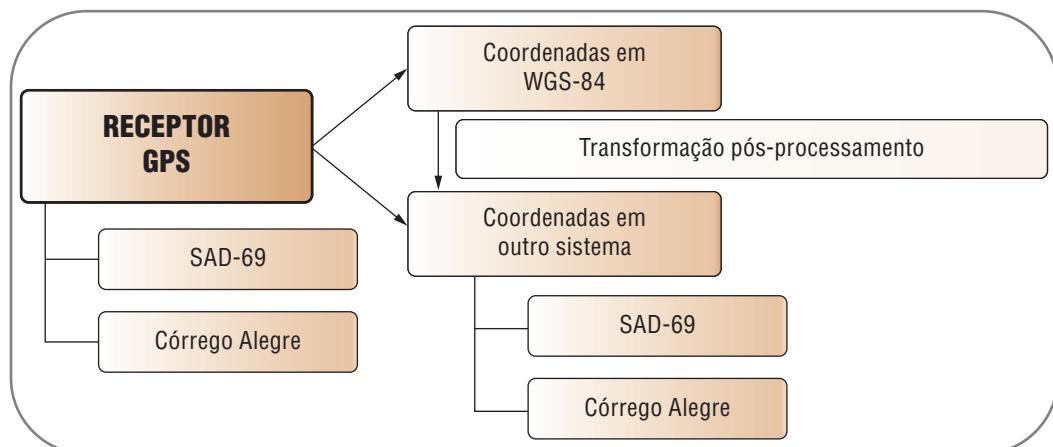


Figura 4 – Aquisição das coordenadas em outros sistemas de referência.

Características do sistema GPS

O sistema GPS é dividido em três segmentos funcionais distintos:

- Segmento espacial;
- Segmento de controle;
- Segmento do usuário.

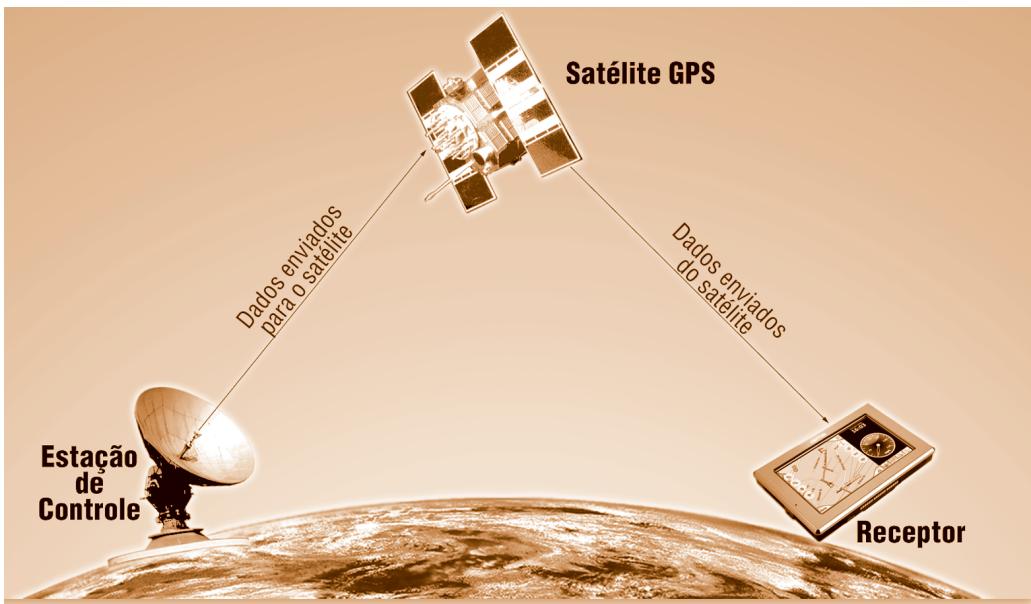
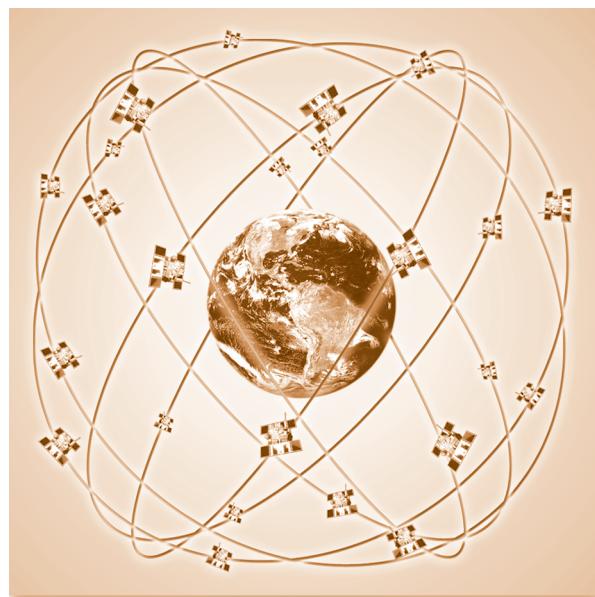


Figura 5 – Segmentos do sistema GPS.

Segmento espacial

Esse segmento é composto por 24 satélites em uso mais 4 sobressalentes prontos para entrar em operação, além de outros satélites que estão no solo e prontos para serem lançados. Os satélites encontram-se em 6 planos de órbitas circulares, com pontos de cruzamento nas longitudes 0, 60, 120, 180, 240 e 300, numa altitude de aproximadamente 20.200 km, em períodos de 12 horas e inclinação de 55°. Isso garante, no mínimo, 4 satélites visíveis a qualquer hora e em qualquer lugar do planeta.



Fonte: <<http://eletronicos.hsw.uol.com.br/framed.htm>>. Acesso em: 6 fev. 2009.

Figura 6 – Constelações de satélites GPS.

Segmento de controle

Esse segmento é constituído por estações terrestres que ficam sob controle do Departamento de Defesa Americano. Elas têm o objetivo de monitorar, corrigir e garantir o funcionamento do sistema. O segmento possui um centro de controle e vários centros de monitoração de sinais dos satélites. Com base nesses dados, modifica parâmetros orbitais, caso seja necessário.

As estações de controle e monitoramento estão localizadas em Kwajalein, nas Ilhas Marshall; na Ilha de Ascension, no Oceano Atlântico; no Havaí; em Diego Garcia, no Oceano Índico; e no Colorado, Estados Unidos (a principal delas). As estações são de propriedade da Força Aérea Americana; além destas, o sistema GPS possui outras estações de monitoramento.

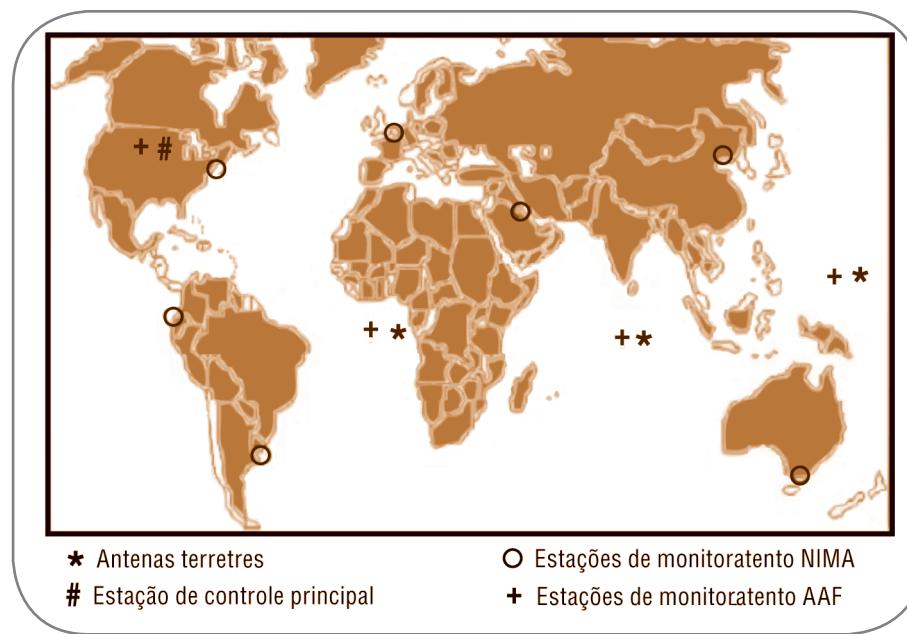


Figura 7 – Distribuição das estações de controle no mundo.

Segmento do usuário

O Segmento do usuário é constituído pelos receptores, que podem variar de tamanho, modelo e fabricante, mas principalmente em qualidade de recepção. Está associado às aplicações do sistema. Refere-se a tudo que se relaciona com a comunidade usuária, os diversos tipos de receptores e os métodos de posicionamento por eles utilizados.

Receptores

Quando nós falamos sobre “um GPS”, estamos fazendo referência a um receptor GPS. Esses receptores coletam dados enviados pelos satélites, transformando-os em coordenadas, distâncias, tempo, deslocamento e velocidade, através de processamento em tempo real ou a posteriori (pós-processamento).

A categoria de usuários pode ser dividida em duas categorias: civil e militar. Atualmente, há uma grande quantidade de receptores no mercado civil, para as mais diversas aplicações, com destaque para a Cartografia e Geodésia.

Além de receber e decodificar os sinais dos satélites, os receptores são verdadeiros computadores que permitem várias opções: referências; sistemas de medidas; sistemas de coordenadas; armazenamento de dados; troca de dados com outro receptor ou com um computador etc. Alguns desses modelos possuem arquivos com mapas gravados em sua memória, o que facilita bastante a navegação e a localização de pontos.



Figura 8 – Exemplos de aparelhos receptores.

Principais características do receptor

Os principais componentes de um receptor GPS, tal como mostrado na figura a seguir, são, de acordo com Seeber (1993):

- Antena com pré-amplificador;
- Seção de radiofrequência para identificação e processamento do sinal;
- Microprocessador para controle do receptor, amostragem e processamento dos dados;
- Oscilador;

- Interface para o usuário, painel de exibição e comandos;
- Provisão de energia;
- Memória para armazenar os dados.

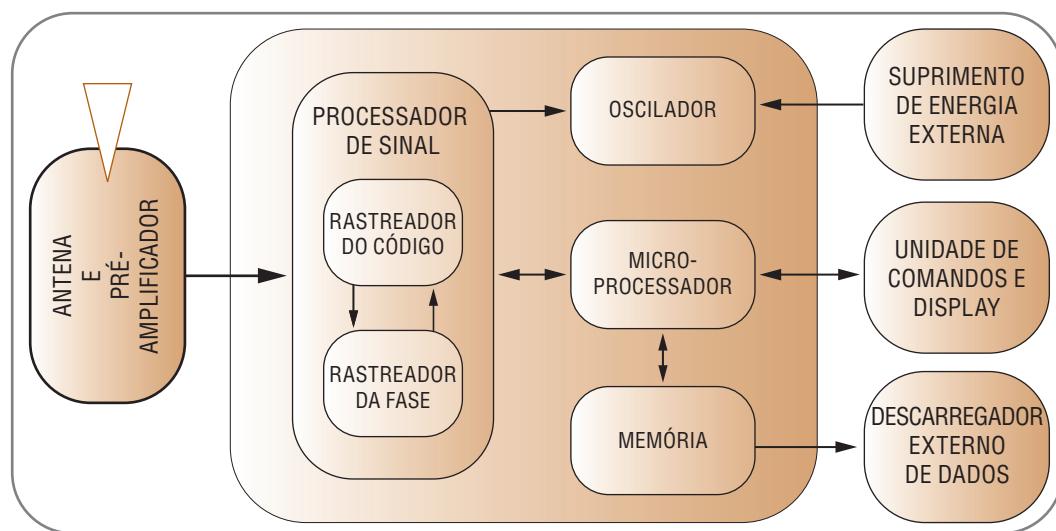


Figura 9 – Principais componentes de um sistema receptor de GPS.

As principais funções dos receptores são:

- Armazenar coordenadas extraídas de um documento cartográfico, de um relatório ou obtidas pela leitura direta de sua posição;
- Os pontos podem ser combinados formando rotas que, quando ativadas, permitem que o receptor analise os dados e informe, por exemplo, o tempo; horário provável de chegada e distância até o próximo ponto; horário do nascer e do pôr-do-sol; rumo que se deve manter para chegar ao ponto de interesse e muito mais;
- As coordenadas dos pontos podem ser obtidas com o receptor GPS no modo contínuo, definindo os caminhos percorridos pelo usuário. Nesse modo, o receptor também informará horário do nascer e do pôr-do-sol, rumo e distância ao ponto de interesse, velocidade e rumo do deslocamento.

A posição da antena do receptor GPS também é uma característica importante, pois é a partir da posição da antena que se identifica o ponto no terreno o qual se deseja obter as coordenadas.

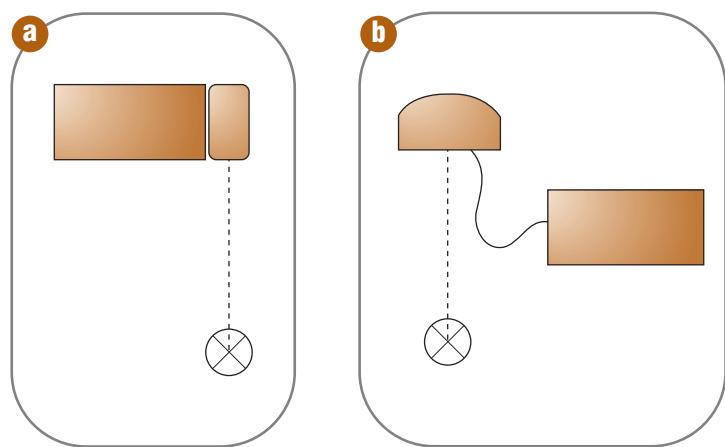


Figura 10 – Ponto no terreno é materializado por meio da posição da antena do receptor do GPS. a) receptor com antena integrada; e b) receptor com antena externa.



Atividade 2

- 1** Quantos satélites são necessários para nos fornecer uma leitura precisa da nossa posição na superfície da Terra? Por que essa quantidade?
- 2** Explique o princípio de funcionamento do sistema GPS.

1. _____

2. _____

sua resposta

Classificação dos receptores

O sistema GPS classifica os receptores segundo o uso, aplicação e tipo de dados disponibilizado por eles. No entanto, segundo Mônico (2000), mais importante do que a classificação é a definição do que se deseja fazer e a precisão para tal aplicação.

Tabela 1 – Uso aplicação e tipo de dados dos GPS

Uso	Aplicação	Características
MILITAR	Navegação	Quanto ao tipo de antena
	Geodésia	Quanto ao número de portadoras
CIVIL	Topografia	Quanto ao código
	SIG	Capacidade de memória para armazenamento de dados
	Receptor de tempo	Interface com o usuário
		Tempo de operação

Fonte: Albuquerque e Santos (2003, p. 12).

A Figura 11 mostra as aplicações básicas do GPS, ou seja, os usos terrestres, marítimos e aeroespaciais.



Figura 11 – Aplicações básicas do sistema GPS.

Medindo distâncias com GPS

Como vimos anteriormente, um receptor GPS calcula a distância até os satélites GPS cronometrando o tempo de viagem de um sinal do satélite ao receptor. Em determinado momento, o satélite começa a transmitir um padrão digital longo, chamado **código pseudoaleatório**. O receptor produz o mesmo padrão digital, exatamente no mesmo horário. O sinal do satélite chega ao receptor com um atraso em relação ao padrão produzido.

A extensão do atraso é igual ao tempo de viagem do sinal. O receptor multiplica esse tempo pela velocidade da luz para determinar qual distância o sinal viajou. Supondo que o sinal tenha viajado em linha reta, essa é a distância do receptor até o satélite.

Para realizar essa medição, tanto o receptor quanto o satélite necessitam de relógios que podem ser sincronizados no nível do nanosegundo. Para criar um sistema de posicionamento via satélite utilizando somente relógios sincronizados, nós necessitariam de **relógios atômicos** em todos os satélites e no próprio receptor. Porém, os relógios atômicos custam entre US\$50 mil e US\$100 mil, o que os torna completamente inviáveis para o consumidor comum.

Como resolver essa questão?

O sistema de posicionamento global tem uma solução inteligente e eficaz para esse problema. Cada satélite contém um **relógio atômico** caro, mas o receptor em si utiliza um **relógio de quartzo** comum idêntico ao que usamos no pulso, que é reiniciado constantemente. O receptor observa os sinais provenientes de quatro ou mais satélites e ajusta sua própria imprecisão. Em outras palavras, existe apenas um valor para o “horário atual” que o receptor pode utilizar. O valor correto de hora fará com que todos os sinais que o receptor está recebendo alinhem-se em um único ponto no espaço. Esse valor de hora é o mesmo dos relógios atômicos em todos os satélites. Assim, o receptor ajusta seu relógio de acordo com esse valor de hora e passa a ter a mesma hora que todos os relógios atômicos têm em todos os satélites. O receptor GPS tem a precisão de um relógio atômico “independente”.

Como isso acontece?

Quando nós medimos a distância de quatro satélites, podemos desenhar quatro esferas que se cruzam em algum ponto. Três esferas sempre irão se cruzar, mesmo que seus números estejam muito incorretos; no entanto, quatro esferas não se cruzarão em nenhum ponto se alguma medida estiver incorreta. Como o receptor faz todas as suas medidas de distância utilizando seu próprio relógio embutido, todas as distâncias estarão **proporcionalmente incorretas**.

O receptor pode calcular facilmente o ajuste necessário que faz com que as quatro esferas se cruzem em um mesmo ponto. Baseado nisso, o receptor reinicia o seu relógio para que ele coincida com o relógio atômico do satélite – fazendo isso sempre que está ligado –, o que significa que ele é quase tão preciso quanto os relógios atômicos dos satélites.

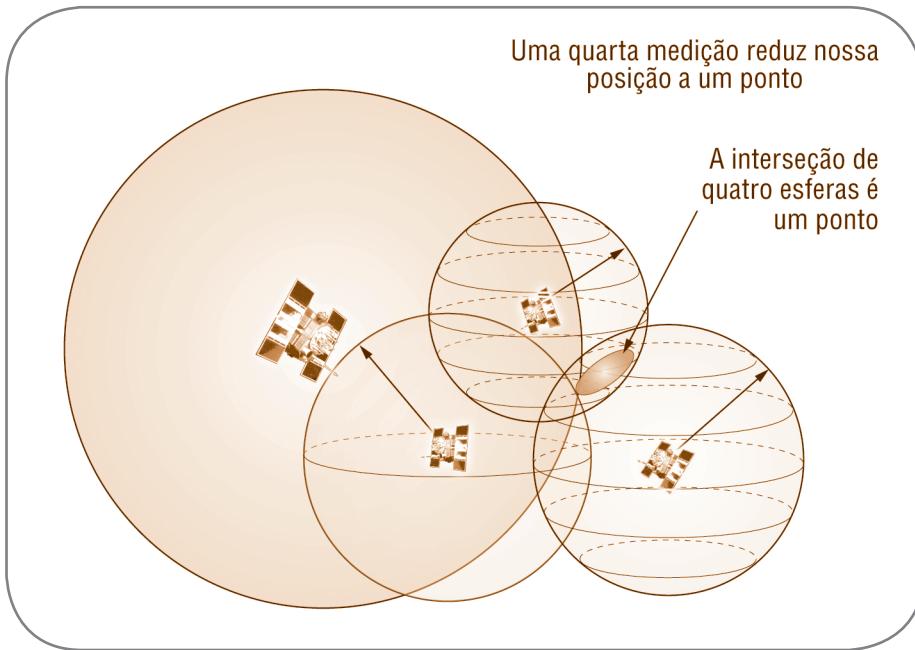


Figura 12 – Posição medida pela intersecção do sinal de 4 satélites.

Para que a informação da distância seja útil, o receptor também tem que saber onde os satélites estão. Isso é fácil, considerando que eles viajam em órbitas muito elevadas e previsíveis. O receptor GPS simplesmente armazena um **almanaque**, que lhe diz onde cada satélite deveria estar em qualquer momento determinado. Elementos como a atração da Lua e do Sol mudam ligeiramente as órbitas dos satélites, mas o Departamento de Defesa dos Estados Unidos monitora constantemente suas posições exatas e transmite quaisquer eventuais ajustes a todos os receptores GPS, como parte dos sinais dos satélites.

Um receptor GPS padrão não só nos situará no mapa em um determinado local, como também irá traçar nosso caminho por um mapa à medida que nos movemos. Se deixarmos o receptor ligado, ele poderá permanecer em constante comunicação com os satélites GPS para ver como a nossa posição está mudando. Com essas informações e com seu relógio interno, o receptor pode nos dar diversas informações importantes:

- Qual a distância percorrida;
- Tempo de viagem;
- Velocidade atual;
- Velocidade média;
- Uma trilha que mostra no mapa exatamente o caminho percorrido;
- O tempo estimado para percorrer uma determinada distância considerando a velocidade constante.

Precisão e fontes de erros do sistema GPS

A precisão de uma medida GPS é função de diversos fatores, que estão associados diretamente às especificações do sistema, às condições operacionais, às características do receptor e ao objetivo do trabalho.

Quanto aos fatores ligados diretamente ao sistema:

■ Códigos utilizados pelo sistema GPS

O GPS disponibiliza dois tipos de serviços, que são conhecidos como:

- *Standard Positioning Service* - SPS (Serviço de posicionamento padrão)
- *Precision Positioning Service* – PPS (Serviço de posicionamento preciso)

O sistema disponível para todos os usuários no mundo é o SPS. Esse sistema permite que o usuário utilize-se do sistema GPS sem que tenha que pagar qualquer taxa para isso. Até maio de 2000, era responsável pela baixa precisão das medidas. Contudo, em 1º de maio de 2000 o governo americano desativou um código que provocava imprecisões nos dados, denominado *Selective Availability* – AS, melhorando significativamente a precisão das medidas. As precisões horizontal e vertical, com código AS, eram de 100 e 156 metros, respectivamente; sem código AS, giram em torno de 10 metros.

Outros códigos utilizados pelo sistema são:

- **Código Anti Spoofing - AS:** processo criptográfico de um código denominado “código P”, disponível apenas para usuários autorizados, que o sistema utiliza para evitar imitações. Assim, impede que os dados gravados forneçam coordenadas bem precisas.
- **Código Coarse Acquisition - CA:** faz parte de um conjunto de códigos que permitem a rápida distinção dos sinais recebidos de vários satélites. É responsável pela recepção de medidas de distâncias pelos usuários; medidas essas que permitem atingir a precisão definida no SPS.
- **Código P:** é utilizado pelas Forças Armadas Americanas e usuários autorizados.

Tabela 2 – Serviços e códigos utilizados pelo sistema GPS.

Código	Serviços	Função
	SPS	Serviço de posicionamento e tempo padrão disponível para qualquer usuário.
	PPS	Serviço de posicionamento disponível para fins militares e usuários autorizados.
AS		Quando ligado não permite o acesso ao código P, para evitar fraudes com ele.
SA		Implementado a partir de março de 1990, tem como objetivo reduzir propositalmente a qualidade da determinação quando para os usuários não autorizados.
CA		Utilizado para distinguir os sinais enviados pelos satélites e pela qualidade da determinação de posição no modo SPS.
P		Código reservado às aplicações militares e usuários autorizados. Tomam as medidas mais precisas.

Fonte: Albuquerque e Santos (2003, p. 14).

As principais fontes de imprecisões nos dados obtidos do sistema GPS são provocadas por:

- Erros nos satélites relacionados a problemas com a órbita;
- Diferença entre o relógio do satélite e do receptor;
- Erros de propagação do sinal, provocados por refração atmosférica e ionosférica; sinais refletidos por alvos vizinhos;
- Rotação da Terra.

Essas imprecisões provocam deslocamentos de coordenadas do satélite, erros do relógio, erros de estação (representado por erros nas coordenadas), marés terrestres, movimento do polo, carga dos oceanos e pressão da atmosfera, erro de operação, entre outros.

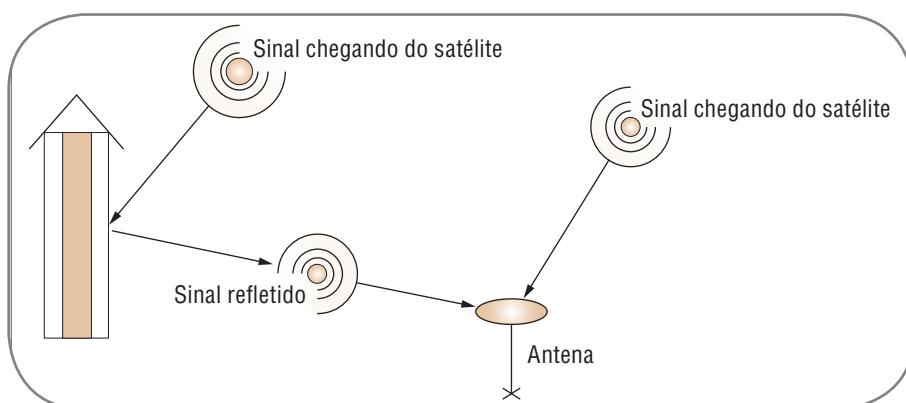


Figura 13 – Exemplo de erro provocado por sinal refletido de um alvo vizinho, também chamado multicaminhamento.

Atividade 3

Como pudemos ver, as posições fornecidas pelo sistema GPS são baseadas na medição da distância entre os satélites e os aparelhos receptores que nós, usuários, transportamos quando desejamos obter esse dado. As posições são calculadas com base no tempo que o sinal gasta para percorrer o espaço entre os satélites e os receptores. Considerando que a velocidade da luz é 299.792,458 metros por segundo ou 1.079.252.848,8 quilômetros por hora, o que você imagina que aconteceria se o relógio atômico de alta precisão existente nos satélites contivesse uma imprecisão de milésimos e décimos de segundo?

Planejamento e operação de medidas com GPS

Planejar uma medida com GPS exigirá do usuário do sistema os seguintes cuidados:

1) Definir que tipo de unidade será usada para expressar as coordenadas. Por exemplo:

- Latitude e longitude em graus, minutos e segundos;
- Coordenadas métricas em UTM; e
- Outros tipos de coordenadas disponibilizadas pelo receptor.

2) Definir o sistema geodésico de referência (Datum)

3) Definir a hora da medição e o tempo de coleta

Quando se trata de navegação, é impossível impor a hora da medida. Isso porque o deslocamento não ocorrerá necessariamente quando a constelação assegura um bom posicionamento dos satélites. Para trabalhos topográficos, é importante escolher um horário que assegure o maior número de satélites visíveis, a melhor constelação, e, consequentemente, maior precisão nas medidas.

4) Localização do ponto

Nem sempre é possível escolher um local ideal para medição de um ponto. Quando se utiliza o GPS para navegação, alguns dos pontos medidos podem estar prejudicados pela sombra de obstáculos e multicaminhamentos, considerando que nesses casos o equipamento está recebendo sinais e determinando uma coordenada a cada segundo.

sua resposta



Atividade 4

Além da cartografia, o sistema GPS tem tido aplicação em diversas áreas do conhecimento. Em que outras áreas esse sistema tem sido empregado com sucesso?

Para levantamentos topográficos, é possível estabelecer critérios para a escolha desses pontos:

- Escolha um ponto onde não haja sombras ou obstáculos que impeçam a aquisição dos sinais transmitidos pelos satélites;
- Assegure-se de que o ponto escolhido esteja longe de estruturas que refletem o sinal;
- Procure deixar o ponto que foi medido materializado no terreno, para possível conferência ou futura utilização;
- Os pontos escolhidos devem, preferencialmente, ocupar locais de acesso fácil, que possam ser alcançados por algum tipo de transporte;
- Não realizar aquisições de dados com céu encoberto por nuvens carregadas tipo Cumulus Nimbus – CB.

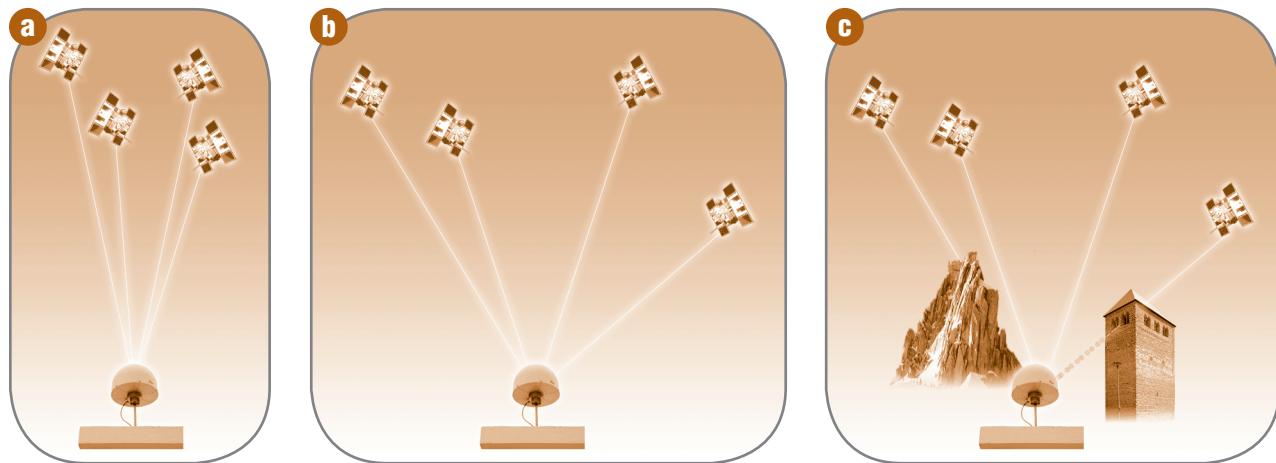


Figura 14 – Constelações de satélites e obstáculos da antena. (a) Satélites próximos - menor precisão; (b) boa posição dos satélites; (c) obstáculos ao horizonte da antena.

5) Colocação da antena

Sempre que a coleta for destinada a levantamentos, a antena do GPS deve ficar na posição vertical. Quando for empregado um GPS de mão para realizar levantamentos expeditos, devemos utilizar uma antena externa. Entretanto, se esse receptor não permitir essa colocação, devemos segurá-lo com a palma da mão o mais horizontal possível.

6) Quanto ao tipo do receptor

A escolha do receptor leva em consideração os objetivos do levantamento. Isso está condicionado às características do equipamento: ao número de frequências, à capacidade de armazenamento de dados, ao tempo de operação, ao tipo de antena, à alimentação do sistema, dentre outras características.



Atividade 5

Normalmente, quando alguém nos diz que realizou um levantamento com um GPS, está se referindo ao aparelho portátil. O aparelho é apenas uma parte do sistema que, como vimos, é formado por vários segmentos. Descreva esses segmentos, destacando a função de cada um deles.

Leituras complementares

Para consultas adicionais, existem vários sites na internet que contêm informações sobre o sistema GPS. Aqui estão alguns para que você se aprofunde um pouco mais.

GARMIN. **What is GPS?** Disponível em: <<http://www.garmin.com/aboutGPS>>. Acesso em: 10 fev. 2009.

DANA, Peter. **Global positioning system overview.** 2000. Disponível em: <http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html>. Acesso em: 6 fev. 2009.

ASHTEC. Disponível em: <<http://www.ashtec.com>>. Acesso em: 6 fev. 2009.

TRIMBLE. Disponível em: <<http://www.trimble.com>>. Acesso em: 6 fev. 2009.

SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL – GPS. Disponível em: <<http://gpsaero.googlepages.com/home>>. Acesso em: 6 fev. 2009.

CASTRO JÚNIOR, Rodolfo Moreira de (Coord.). **Laboratório de topografia e cartografia.** Goiabeiras, ES: UFES, [2009?]. Disponível em: <<http://www.ltc.ufes.br/>>. Acesso em: 6 fev. 2009.

Resumo

Nesta aula, você viu que o Sistema de Posicionamento Global, conhecido por GPS (do acrônimo do inglês *Global Positioning System*), é um sistema de posicionamento por satélite americano, utilizado para determinação da posição de um receptor na superfície da Terra ou em órbita. Você estudou, também, os principais conceitos dessa geotecnologia; além disso, mostramos a grande importância que esse sistema tem exercido na vida das pessoas, em suas atividades de localização e principalmente no levantamento de dados para o mapeamento.

Autoavaliação

Agora que você estudou os conceitos básicos do Sistema de Posicionamento Global (GPS), podemos ter uma ideia do impacto que esse sistema provocou nas ciências que estudam fenômenos ou objetos que possuem uma expressão espacial. Baseando-se nisso, colocamos algumas questões para a autoavaliação.

1

O que é o Sistema de Posicionamento Global, o que motivou o seu desenvolvimento e o que provocou o interesse do usuário civil por essa tecnologia?

2

Em termos mais específicos, quais os ganhos que o Sistema GPS trouxe para a Ciência Cartográfica e para a Geografia?

3

Quais os cuidados que devemos observar para que o sistema GPS realmente possa ser uma fonte confiável de dados em que a Cartografia possa se apoiar para produzir documentos de boa qualidade?

4

Depois do que mostramos nessa aula, você visualiza algum potencial didático no sistema GPS? Justifique a sua resposta.

Referências

ALBUQUERQUE, Paulo César Gurgel de; SANTOS, Cláudia Cristina do. GPS para iniciantes: mini curso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO, 11., 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: Ministério da Ciência e Tecnologia/INPE, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Mapa geoidal do Brasil**. Rio de Janeiro, 1992.

LEICK, A. **GPS satellite surveying**. Canada: Wiley, 1990.

COLLINSCHONN, Walter. **HIDP 23 geoprocessamento**: aulas: material complementar GPS. Disponível em: <http://galileu.ipb.ufrrgs.br/collischonn/HIDP_23/HIDP_23.html>. Acesso em: 6 fev. 2009.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS**: descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo: Editora UNESP, 2000.

SEEBER, G. **Satellite geodesy: foundations, methods, and applications**. Berlim: Walter de Gruyter e Co, 1993.

VASCONCELLOS, J. C. P. Posicionamento terrestre por satélites NAVSTAR/GPS: apostila. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 17., 1995, Salvador. **Anais...** Salvador, 1995.

Anotações

Anotações

Leituras Cartográficas e Interpretações Estatísticas II – GEOGRAFIA

EMENTA

AUTORES

- > Edilson Alves de Carvalho
- > Paulo César de Araújo

AULAS

- 01** Maquetes: as representações do relevo em terceira dimensão
- 02** As representações tridimensionais digitais do relevo
- 03** Os cartogramas temáticos qualitativos e a análise geográfica
- 04** Bases estatísticas para as representações cartográficas quantitativas
- 05** Os cartogramas temáticos quantitativos
- 06** O globo terrestre e seu uso no ensino da Geografia
- 07**
- 08** Noções básicas de sistema de posicionamento global GPS



Secretaria de
Educação a Distância

Ministério
da Educação The logo of the Ministry of Education (BRASL). It features the letters "BRASL" in a large, bold, sans-serif font. Below "BRASL", the words "UM PAÍS DE TODOS" are written in a smaller font. At the bottom, the text "GOVERNO FEDERAL" is visible.