

# **XIV SEMINÁRIO NACIONAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

## **GPS COMO FERRAMENTA DE SUPORTE AO SIG**

JOSÉ MANOEL MIRANDA DE OLIVEIRA  
ESCELSA – ESPÍRITO SANTO CENTRAIS ELÉTRICAS S.A.

Palavras-chave: gps, cadastro de rede, geoprocessamento.

**Foz do Iguaçu, 19 a 23 de novembro de 2000.**

## 1. INTRODUÇÃO

O trabalho visa demonstrar o funcionamento do sistema GPS e a utilização do receptor GPS no levantamento de pontos de coordenadas, dando enfoque ao Cadastro de Rede de Distribuição de Energia Elétrica e a interface com um SIG. Esclarecer quais os tipos de levantamento e alertar quanto aos possíveis problemas e erros que eventualmente podem ser cometidos, orientar quanto a importância de se referenciar o cadastro à Rede Geodésica Oficial.

O trabalho conclui que a tecnologia GPS pode ser aplicada a qualquer empresa do setor elétrico que tenha Sistemas Gerenciais Georeferenciados, mesmo que esse cadastro não seja digital.

## 2. HISTÓRICO

Em 1977 a ESCELSA implantou os sistemas PRODADIS e SISPRIM com a finalidade de gerenciar a rede secundária e primária respectivamente, constituíam-se de banco de dados alfanumérico e plantas cadastrais na escala 1:1000 para rede secundária e 1:5000 para rede primária. Após a conclusão das obras, o “as built” era feito através de trena, o que gerava erros principalmente em terrenos acidentados, e o que é pior erros cumulativos. Com a conversão dos sistemas alfanuméricos para o SIG, todos esses erros foram transferidos para o novo sistema.

Com o advento da tecnologia, vimos a possibilidade de resgatar, através de levantamento de campo, as coordenadas reais dessa gama de dados, e as novas obras serem levantadas com equipamento que nos desse a posição com a precisão desejada.

Em 1998 começamos a pesquisar os receptores gps, sua utilização, custos, forma de levantamento e modelos apropriados ao nível de precisão requerida.

## 3. FUNCIONAMENTO DO SISTEMA GPS

O GPS – Sistema de Posicionamento Global começou a ser desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos – DoD em meados da década de 70. Sua conclusão foi dada no ano de 1994. Desde então vem sendo mantido operacional e encontra-se na terceira geração do segmento espacial, ou seja da constelação de satélites.

O objetivo principal era atender a navegação e a necessidade de uma base comum de tempo, visando aplicações militares dos Estados Unidos. Entretanto durante sua implantação verificou-se o seu potencial para aplicação em geodésica – ciência que estuda as formas e dimensões da terra.

O sistema é dividido em 3 segmentos :

- Segmento de Controle composto de cinco estações de monitoramento, ao redor da terra, e uma estação central, em Colorado nos Estados Unidos;
- Segmento espacial é composto pelos 24 satélites gravitando a 20.000 Km ao redor da terra e distribuídos em seis planos orbitais;
- Segmento de usuários.

O sistema tem a característica de operação contínua por vinte e quatro horas em todo o globo, com cobertura mínima de quatro satélites. O receptor GPS capta simultaneamente os sinais de frequência emitidos pelo menos de quatro satélites, e calcula a distância do receptor aos satélites. As quatro medidas permitem determinar as coordenadas UTM ou geográficas do ponto onde se situa o receptor.

Existem várias técnicas de levantamento, condicionadas pela finalidade e tipo de equipamento disponível. Uma divisão simplificada separa as técnicas entre Estáticas e Dinâmicas.

- Estáticas: Utilizadas para posicionamento de maior precisão, a antena do receptor permanece estática por alguns segundos ou por várias horas. No posicionamento estático pode-se agrupar os levantamentos em absolutos e relativos ou diferencial.

No levantamento absoluto um único equipamento é utilizado na determinação, enquanto que no relativo são utilizados dois receptores operando simultaneamente.

- Dinâmicas: Na utilização da técnica dinâmica, o equipamento desloca-se continuamente ou permanece nos pontos de interesse por alguns segundos. Pode-se subdividir em Cinemático (Stop & Go), Cinemático contínuo, Pseudo – Cinemático, Rápido Estático, DGPS (RTCM) e Cinemático em tempo real.

#### 4. IMPLANTAÇÃO NA DISTRIBUIÇÃO, A EXPERIÊNCIA ESCELSA

A partir de uma análise de custo e benefício, nossos primeiros estudos nos orientavam que deveríamos segmentar o caminho do nosso trabalho; assim estudamos equipamentos que atendessem aos nossos anseios na área rural e outros em localidades urbanas.

Fig. 1 – Marcos de 1ª ordem da rede GPS.

Como os mapas de Rede de Distribuição Rural usualmente são plotados em uma escala 1:25000, concluímos que um receptor GPS de precisão métrica nos atenderia perfeitamente, reduzindo significativamente os custos de aquisição.

Como os mapas de Cadastro de Rede Urbana usualmente são plotados na escala 1:1000, e os postes são plotados fora de escala, chegando a ter três metros de raio propositadamente para que possamos vê-los nessa escala, optamos pela aquisição de um receptor GPS com precisão centimétrica.

Definido os equipamentos através da necessidade de precisão, concluímos que a técnica de levantamento dos pontos de coordenadas deveria ser a Estática em modo diferencial, sendo assim necessitaríamos de um ponto de referência onde deveria ficar a Estação Base.

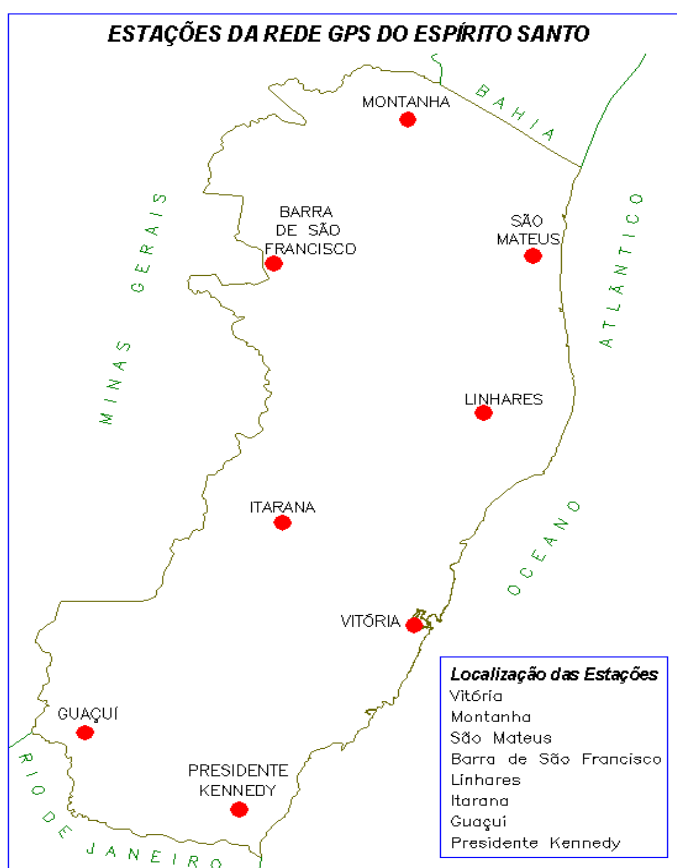


Fig. 1 – Marcos de 1ª ordem da rede GPS.

Optamos pela implantação de uma Rede GPS de primeira ordem no Estado do Espírito Santo, haja vista que os marcos geodésicos implantados no estado encontravam-se destruídos.

No início de 1999 firmamos convênio com o IBGE, que definiu a implantação de oito marcos geodésicos para todo estado, sendo estes monumentados no interior das subestações pôr tratar-se de local protegido.

## 5. OPERACIONALIZAÇÃO

Utilizamos na Estação Base um equipamento da marca Trimble de mono frequência modelo PATHFINDER PRO-XR , bem como nos levantamentos de cadastro de Rede Urbana. Com esse equipamento obtemos precisão melhor que 50 cm

No cadastro de Rede Rural utilizamos um receptor da marca CMT – Corvalis Microtecnology, também de mono frequência modelo MARCH II, conseguimos precisão melhor que 10 metros.

Em ambos os casos, trabalhamos no modo estático e correção diferencial, rastreando satélites pôr 50 segundos a uma distância de até 300 Km da estação base.

No mesmo instante em que o técnico de cadastro levanta coordenadas de postes no campo, através da recepção de sinais de satélites, a estação base capta sinais dos mesmos satélites.

**Fig. 2 – Estação Base**



**Fig. 2 – Estação Base**

**Fig.3 – Receptor modelo Pathfinder PRO-XR**



**Fig.3 – Receptor modelo Pathfinder PRO-XR**

**Fig. 4 – Receptor modelo March II**



**Fig. 4 – Receptor modelo March II**

Após a coleta de campo é feita a correção diferencial através de processamento com software aplicativo. Como a antena da estação base está localizada numa coordenada conhecida, é possível conhecer naquele instante do rastreamento as distorções introduzidas nos sinais dos satélites quando estes atravessam a atmosfera e ionosfera. Conhecido o erro aplica-se ao sinal coletado em campo pelo equipamento “rover”, expurgando assim as distorções.

Convém lembrar que além do atraso da propagação do sinal podem ocorrer outros erros;

Tão exatos como os relógios atômicos dos satélites possam ser, eles ainda estão sujeitos a pequenas variações. O Departamento de Defesa Norte-Americano monitora estes relógios e pode ajustá-los quando pequenos desvios ocorrem, mas mesmo assim, pequenas inexatidões podem algumas vezes afetar medições de alta precisão.

Tal como os relógios atômicos nos satélites, os receptores na Terra algumas vezes cometem erros. O receptor pode não arredondar uma operação matemática e isto pode causar correlações errôneas dos códigos pseudo-randômicos. Esses erros são usualmente muito pequenos ou muito grandes. É fácil detectar os grandes erros porque eles são tão óbvios, mas algumas vezes é difícil descobrir pequenas tendências computacionais.

Outro erro que pode ocorrer, e nesse caso não pôr causa dos receptores ou dos satélites, são os erros devido ao multicaminhamento ou caminhos-múltiplos. Surge quando os sinais transmitidos dos satélites ricocheteiam de um lado para outro antes de atingir a antena do receptor. O resultado é que o sinal não vai diretamente ao receptor como deveria, mas faz um caminho mais tortuoso. Receptores modernos utilizam técnicas avançadas de processamento de sinal e antenas especiais para minimizar este problema. Em ruas e avenidas onde situam-se prédios muito altos, este problema pode ocorrer com freqüência, neste caso é recomendável coletar ponto de coordenada fora destes locais, conhecidos como "canyon", e a partir desta coordenada conhecida fazer o levantamento com topografia convencional. Outra opção é a utilização do GPS acoplado com mira laser.

Fig. 5 –Correção pelo método Diferencial

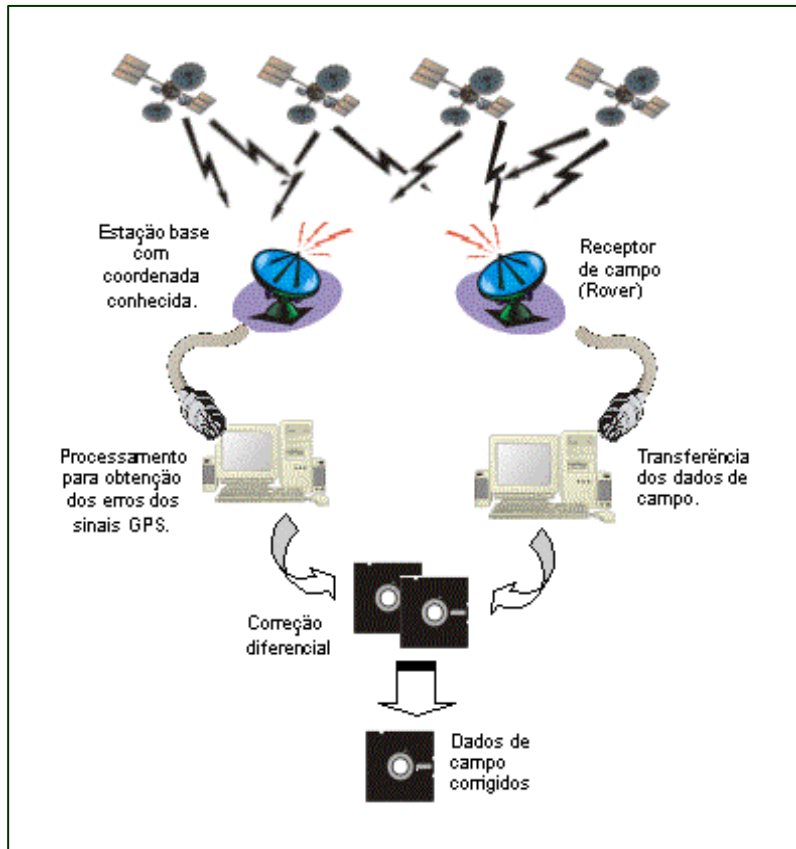


Fig. 5 –Correção pelo método Diferencial

Um problema freqüente que afeta a coleta de coordenadas é a diluição da precisão, "Dilution of Precision" - DOP, quantifica a influência da geometria da constelação de satélites na precisão das coordenadas obtidas instantaneamente, está presente invariavelmente nas telas dos receptores e tem pôr objetivo, avaliar continuamente a melhor ou pior distribuição de satélites acima do horizonte. Trata-se de um número, não tendo portanto unidades associadas. Indicam o melhor momento para obter uma posição. Quanto mais bem distribuídos no espaço os satélites contribuintes para uma determinação de coordenadas, melhor a acurácia esperada da solução.

O PDOP é o valor mais freqüentemente utilizado para controle do rastreamento, pôr considerar a influência da constelação no resultado tridimensional. Os valores mais comuns para o PDOP, considerando condições normais de operação situam-se em geral entre 2 e 6, sendo possíveis valores acima e abaixo destes limites pôr curtos intervalos de tempo, sendo que uma vez o receptor programado para um determinado número, é instantaneamente interrompida a recepção de sinal, voltando tão logo o PDOP baixe para o nível aceitável.

A grande maioria dos programas de pós processamento GPS proporcionam gráficos indicadores de DOP's para planejamento, com isso o usuário pode planejar sua missão de campo com estimativa confiável da distribuição dos satélites no local pretendido, os valores dos

DOP's esperados e que combinações entre satélites poderão fornecer uma solução mais adequada.

## 6. INTEGRAÇÃO COM O SIG.

É evidente que o técnico que vai executar o levantamento de campo, não só vai coletar as coordenadas de um determinado poste. O levantamento das informações de cadastro também fazem parte do cotidiano.

Foi disponibilizado no coletor do equipamento, uma biblioteca de dados previamente definida de acordo com o programa de SIG implantado na Empresa, de forma que os dados de rede coletados na respectiva coordenada, após o processamento são automaticamente transferidos para o sistema de informações geográficas.

Com a automatização do processo economizamos tempo e reduzimos o esforço do técnico de escritório.

Na biblioteca do equipamento de uso nas localidades urbanas, estão armazenados todas informações referentes a rede distribuição urbana, cada elemento vincula-se um grupo de atributos.

- Para o elemento POSTE: Material, resistência, altura, semáforo, anel de proteção, proprietário, tamanho do afastador secundário, arranjo primário, aterramento, quantidade de para raio, tipo de base concretada, medidor e código da localidade na qual o poste foi implantado.
- Para o elemento ILUMINAÇÃO PÚBLICA: potência da lâmpada, tipo de lâmpada, tipo de luminária, tipo de braço, chave magnética;
- Para o elemento TRANSFORMADOR: Número patrimonial do trafo, nº de fases, potência, código de proteção, abrigado ou cabine, particular;
- Para o elemento CHAVE: Número operacional da chave, número patrimonial, posição, tipo, código da área;
- Para o elemento CAPACITOR; Número operacional e número patrimonial;
- Para o elemento REGULADOR DE TENSÃO: Número operacional e número patrimonial;
- Para o elemento TRECHO PRIMÁRIO: Material do cabo, bitola, fase, aéreo ou subterrâneo, nível da cruzeta, lado da cruzeta, código da área, tensão de isolamento;
- Para o elemento TRECHO SECUNDÁRIO: Material da fase e do neutro e bitola das fases e neutro, aéreo ou subterrâneo.
- Para elemento ESTAI: Tipo, bitola e quantidade.

A biblioteca do equipamento de levantamento de rede rural é semelhante a biblioteca do equipamento urbano, e estão armazenadas informações referentes à rede de distribuição rural. A cada elemento vincula-se um grupo de atributos.

Assim o técnico de campo não necessita fazer anotações. Fazendo apenas a “rolagem” das telas pode cadastrar as informações com um simples toque, evitando possíveis erros de levantamento, garantindo a qualidade dos dados exportados para o SIG.

Asseguradas as vantagens acima citadas, disponibilizamos a biblioteca também para as empreiteiras prestadoras de serviço.

**Fig. 6 – Levantamento de campo.**



**Fig. 6 – Levantamento de campo.**



Outra aplicação do equipamento de precisão centimétrica, é no levantamento de cadastro viário, seja utilizando-o no modo estático, assim levantando somente os vértices das quadras, ruas, praças e etc.. ou utilizado-o no modo cinemático, onde o técnico no ato do levantamento necessita caminhar sobre a projeção de uma linha imaginária do caminhamento que deseja levantar, obtendo-se assim a definição completa dos logradouros.

## 7. OUTRAS APLICAÇÕES

- Nas localidades urbanas ainda não contempladas com cadastro de rede e cadastro viário, estamos fazendo o adensamento da rede geodésica do IBGE. Para isso fazemos a monumentação de dois marcos de concreto na localidade e em seguida a leitura das coordenadas, a partir destes dois marcos o empreiteiro faz o levantamento cadastral através de topografia convencional, ou com GPS.
- Nas localidades já atendidas com cadastro, em que foram detectados erros de locação de coordenadas, estamos fazendo um trabalho de translação e rotação ao qual damos o nome de “ajuste afim”. Trata-se do levantamento de campo de um número previamente definido de pontos de coordenadas, e em seguida feito o “DE PARA”, com isso a localidade fica georeferenciada na mesma base geodésica da rede do IBGE.
- Utilizamos também o equipamento para validação das coordenadas dos postes levantados pelas empreiteiras.
- As aplicações do GPS são ilimitadas. Uma vez cadastrada toda rede de Distribuição, partiremos para o cadastramento do sistema de Transmissão e Geração, incluindo torres, subestações e usinas.
- Testamos com sucesso o GPS de navegação, trata-se de um equipamento da marca GARMIN modelo GPS II – PLUS, de 12 canais. Este modelo apresenta características como uma base de dados mostrando a localização de cidades e orientação da tela na horizontal ou vertical, facilitando o seu uso em veículos. Com uma antena externa para aumentar a recepção do sinal, apresenta como características botões de zoom, símbolos para os waypoints do percurso, registro das velocidades média e máxima, rastreia continuamente utilizando até 12 satélites para atualização de posições. Tem precisão de posição em torno de 15 metros. Quando sujeito a degradação do sinal pela implementação do S.A., fica melhor que 100 metros. Através de coordenada conhecida, localizamos rapidamente em campo, equipamentos de distribuição, chaves e clientes.

Fig. 7 – Coordenadas de postes em localidade urbana

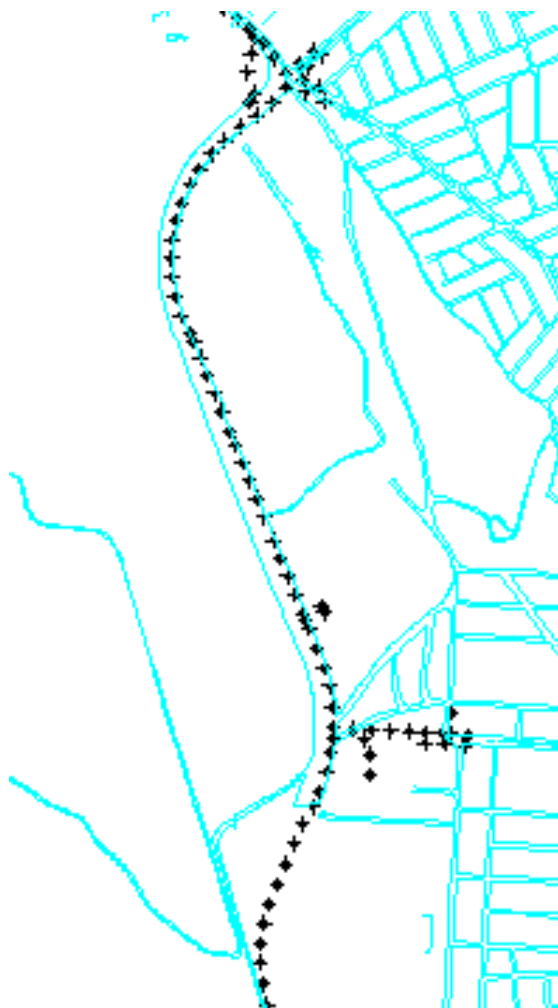


Fig. 7 – Coordenadas de postes em localidade urbana

## 8. CONCLUSÃO

No dia 01 de Maio de 2000, o Governo Americano anunciou que desligaria, a partir da meia-noite, a degradação do sinal GPS. Com a retirada do S/A (Selective Availability), que tinha o intuito de defender a segurança militar americana, o sistema ficou mais preciso. Com o decorrer do tempo a tecnologia GPS tem se tornado mais acessível, e são inúmeras as utilizações do sistema GPS no cotidiano.

De importância fundamental para Distribuição, hoje o cadastro de rede tem que ser atualizado com maior rapidez para atender aos vários setores da empresa, COD, planejamento, projeto, engenharia etc..., e soluções rápidas e eficientes devem ser implementadas.

A tecnologia GPS tem se mostrado como uma ferramenta poderosíssima no levantamento de campo, pôr ser simples e de fácil manuseio possibilita alto rendimento na coleta de coordenadas.

Os sistemas de referência pôr satélite serão cada vez mais comuns no futuro. Parkinson (1996), no prefácio de sua obra escreve:

*“De todos os desenvolvimentos militares fomentados pela recente guerra fria, o Sistema de Posicionamento Global (GPS) demonstra poder ter o maior impacto positivo na vida diária. Pode-se imaginar o mundo do século XXI recoberto pôr uma expansão do sistema GPS interligado pôr comunicação móvel digital nos quais aviões e outros veículos viajam através de ‘túneis virtuais’, vias imaginárias através do espaço que são continuamente otimizadas para clima, tráfego e outras condições. Veículos robóticos realizam todo tipo de funções de construções, transportes, minerações e movimentos de terra, trabalhando dia e noite sem necessidade de descanso. Navegadores pessoais de baixo custo são tão comuns como calculadoras de mão e todo telefone celular e comunicador pessoal inclui um navegador GPS. Estes são alguns dos impactos positivos do GPS no futuro.”*

## 9. BIBLIOGRAFIA

GPS Um guia para a próxima utilidade.  
Autor: Jeff Hurn

GPS para Navegação  
Autor: Régis Fernandes Bueno

GPS – Fundamentos  
Autor: Luciano Montenegro da Cunha Pessoa

Revista Info Geo  
Editora Espaço Geo.

## 10. CRÉDITOS

Antônio Carlos Santini da Silva – Levantamento de campo  
Andressa Loureiro Moretto –Biblioteca de Dados  
João Antônio Moisés – Levantamento de Campo  
Márcia Zenóbia Oleari – Pós-processamento

Fig. 8 – GPS de Navegação



Fig. 8 – GPS de Navegação



