

Uso eficiente do GPS de Navegação no Cadastro de Feições Lineares

Prof. Dr. César Henrique Barra Rocha

UFJF - Departamento de Transportes
36036-330 Juiz de Fora MG
chbr@civil.ufjf.br

Resumo: O Sistema de Posicionamento Global – GPS, devido as suas facilidades de manuseio, vem permitindo o mapeamento de feições de interesse por profissionais das mais diversas áreas do conhecimento. No caso específico dos aparelhos GPS de Navegação, foram realizadas experiências no cadastro de feições lineares como vias urbanas e rurais, com resultados bastante satisfatórios. Experiências com taxas de gravação de 1 a 5 segundos, com velocidades pré-estabelecidas no método cinemático, tem garantido precisões métricas no cadastro de estradas em regiões com poucas obstruções (ausência de prédios ou árvores altas). Com o aumento da constelação GPS (atualmente 28), a retomada do Sistema Russo GLONASS e o lançamento dos satélites do Sistema Europeu GALILEO (2008), tem-se boas perspectivas no uso dos GPS Autônomos, com precisões cada vez melhores e custos menores, auxiliando na atualização e confecção de mapas.

Palavras chaves: GPS, Cadastro, Feições Lineares

Abstract: The Global Positioning System - GPS, which had its manuscript easinesses, comes allowing the mapping of form of interest for professionals of the most diverse areas of the knowledge. In the specific case of devices GPS of Navigation, experiences had been carried through in register in cadastre it of linear form as urban and agricultural ways, with sufficiently satisfactory results. Experiences with taxes of writing 1 the 5 seconds, with speeds daily pay-established in the kinematic method, have guaranteed metric precisions in register in cadastre it of roads in regions with few blockages (high absence of building or trees). With the increase of constellation GPS (currently 28), retaken of Russian System GLONASS and the launching of the satellites of European System GALILEO (2008), one has good perspectives in the use of the GPS, with precisions each lesser time better and costs, assisting in the update and confection of maps.

Keywords: GPS, Cadastre, Linear Form

1 Introdução

O Sistema de Posicionamento Global – *Global Positioning Systems* (GPS) foi projetado pelo Departamento de Defesa Americano (DoD) e desenvolvido pelo MIT – *Massachussets Institute of Tecnology* para uso em aplicações militares para a Marinha e Aeronáutica dos EUA. É um sistema de geoposicionamento por satélites artificiais, baseado na transmissão e recepção de ondas de rádio-frequência captadas pelos receptor GPS, obtendo-se posicionamento aqui na Terra.

O desempenho deste sistema fez com que o DoD criasse restrições artificiais degradando os sinais GPS para aplicações civis – *Selective Availability* (SA). Em meados de 1993, a constelação ficou completa com 24 satélites (Figura 1), fornecendo acurácias no código civil (sem a degradação proposital SA) da ordem de 5 a 15 metros, com apenas um receptor. Com o SA ativado, esta acurácia cai para ordem de 30 a 100 metros em tempo de conflitos como a Guerra do Golfo. Apesar da relutância do DoD, este já não podia mais deter o controle completo do sistema. O aumento das pressões político-econômicas levaram a uma *internacionalização* do Sistema de Posicionamento Global, ressaltadas as transmissões militares privativas dos americanos e alguns países da OTAN (ROCHA 2002).

O GLONASS desenvolvido pela antiga URSS durante a guerra fria, projetado para as mesmas finalidades, não conseguiu ser mantido pela Rússia. De uma constelação de 24 satélites em 1995, encontra-se atualmente com 11 satélites, sendo utilizado apenas em pesquisas científicas (UNB 2003). O Sistema

Europeu GALILEO, com previsão de 30 satélites em 2008, tem perspectivas de obtenção de 4 metros de acurácia no código civil (ROCHA 2003).

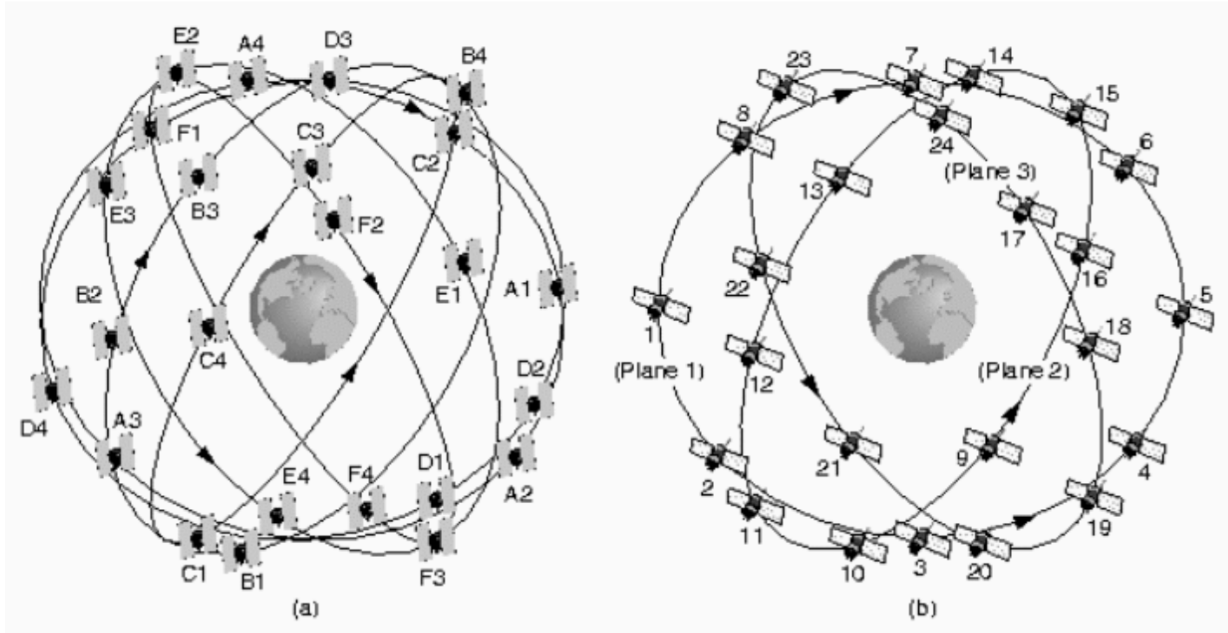


Figura 1: Constelação de Satélites GPS e GLONASS. (Fonte: ROCHA, 2002)

Portanto, o GPS é o único sistema de posicionamento disponível atualmente. Com uma constelação atual de 28 satélites (RODRIGUES 2003), tem-se obtidos resultados ainda melhores do que os esperados, com precisões métricas no levantamento de feições lineares.

2. Tipos de aparelhos GPS

Os aparelhos GPS são divididos de acordo com as suas capacidades de recepção de sinais. Cada satélite transmite continuamente sinais em duas ondas portadoras L. A frequência da primeira onda portadora L1 é de 1575,42 MHz com comprimento de onda de 19 cm e a frequência da segunda onda L2 é de 1227,60 MHz, com 24 cm. Sobre estas ondas portadoras são modulados dois códigos, denominados códigos pseudo-aleatórios. Sobre a L1, modula-se o código C/A (*Clear Access ou Coarse Aquisition*) e sobre as portadoras L1 e L2, modula-se o código P (*Precise Code*). O código P é restrito aos militares americanos (Figura 2).

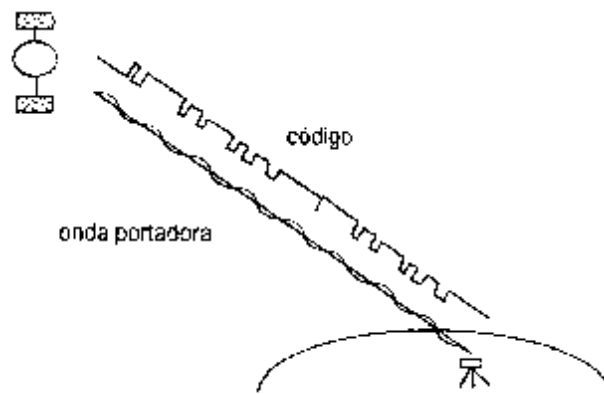


Figura 2: Sinais GPS. (Fonte: SILVA 1995)

Os aparelhos GPS de Navegação, também conhecidos como portáteis ou autônomos, recebem apenas o código C/A (no caso civil) e o código P (no caso militar), modulados sobre as portadoras L1 e L2 respectivamente. A medida de código é baseada no tempo que o sinal leva para percorrer a distância entre os satélites e o receptor. Este tempo é calculado quando o receptor reproduz em sincronia com o satélite, os códigos gerados por este, correlacionando as informações recebidas com as reproduzidas.

Correlacionar consiste em retardar o código reproduzido até que este coincida com o código recebido. O tempo de retardamento corresponde a duração de propagação da onda. Contudo, este tempo só seria preciso se os relógios do satélite e do receptor fossem exatamente sincronizados. Como esta sincronização não é possível, aparecem erros sistemáticos entre os relógios, refletindo nas medidas, conhecidas como pseudodistâncias. Como ilustrado na Figura 3, são necessários três satélites para o posicionamento bidimensional (t, E, N) e quatro satélites para o tridimensional (t, E, N, H). Através de uma resecção espacial, no qual os satélites são os pontos de estação conhecidos, calcula-se a posição do receptor aqui na Terra (ROCHA, 2003). A precisão com o código C/A varia de 5 a 15 metros e com o código P de 1 a 5 metros.

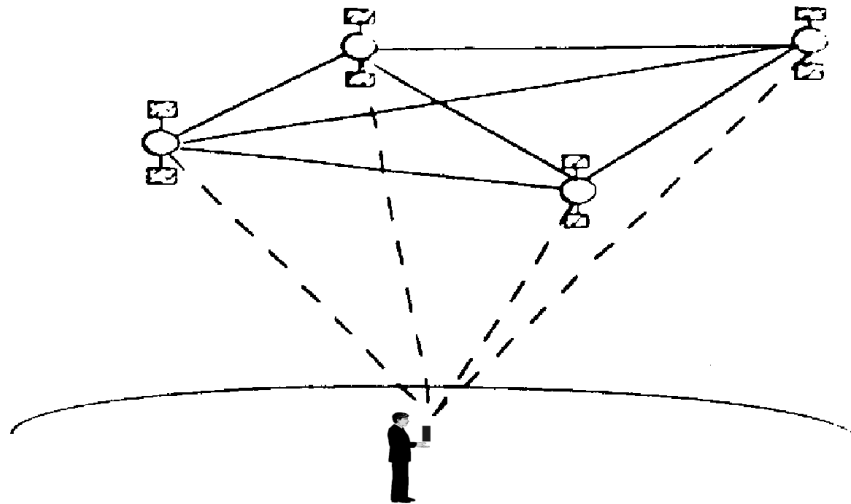


Figura 3: Posicionamento Absoluto baseado nos códigos. (Fonte: SILVA 1995)

No caso dos aparelhos GPS Topográficos e Geodésicos, o processo de medição conta com as medidas das ondas portadoras L1 e L2, que não são usadas pelos GPS de Navegação. Medindo-se, a cada instante, a diferença de fase entre a onda emitida pelo satélite e a sua reprodução pelo receptor, obtém-se um modo de medida mais preciso, conhecido por medida de fase. No caso dos aparelhos Topográficos, eles trabalham com a frequência L1 e o código C/A. Os Geodésicos trabalham com as frequências L1, L2 e os códigos C/A e P. São os aparelhos mais precisos. Em ambos os casos, parte-se de um ponto de coordenadas conhecidas, realizando o posicionamento relativo. Os erros são minimizados, obtendo-se precisões da ordem do centímetro para o Topográfico e do milímetro para o GPS Geodésico.

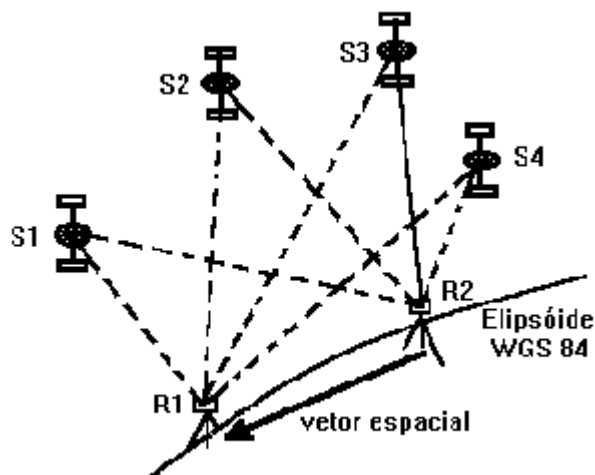


Figura 4: Posicionamento Diferencial. (Fonte: ROCHA 1994)

3. Uso do GPS de Navegação no Cadastro de Feições Lineares

Os aparelhos GPS de Navegação Civil, trabalhando apenas com o código C/A, adquirem medidas com erros da ordem de 5 a 15 metros. Como exemplo, na medição de um ponto, a coordenada encontrada poderá estar contida num círculo com as medidas citadas anteriormente, inviabilizando diversas aplicações que requerem mais precisão. No caso do erro SA estar ligado, esta situação piora bastante, com erros de 30 a 100 metros, exigindo o uso de estações de referência no terreno para corrigir estas distorções através dos DGPS (ROCHA 2003).

Contudo, para medição de feições lineares, o GPS de Navegação tem fornecido resultados animadores em áreas com pouca obstrução aos sinais. Exige-se um ângulo livre com relação à linha do horizonte de 15° para os sinais chegarem sem refletir nos obstáculos. Este parâmetro é conhecido como *cut-off-angle*, inviabilizando o uso do GPS em locais com grande adensamento de prédios, florestas ou áreas muito acidentadas (Figura 5).

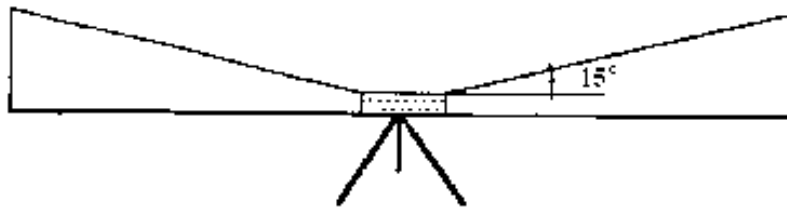


Figura 5: Parâmetro Cut-off-angle. (Fonte: ROCHA 2003)

Portanto, a primeira consideração seria as condições da área a ser medida. Após esta checagem, são recomendados alguns procedimentos básicos de configuração do aparelho e cuidados no levantamento propriamente dito.

3.1 Configuração do GPS de Navegação no modo de Mapeamento Automático - TRACK

O modo mapeamento automático é uma capacidade que o GPS possui de gravar as coordenadas dos pontos ao longo de um deslocamento automaticamente. Este recurso é conhecido como TRACK ou TRACKLOG (registro do trajeto). Os pontos gravados são conhecidos como TRACKPOINTS ou pontos de trilha.

Este recurso é habilitado em alguns aparelhos na tela gráfica ou tela de mapa. Em outros aparelhos, através do MENU PRINCIPAL - TRACKLOG, TRACK, TRILHAS ou TRAJETOS (Figura 6).

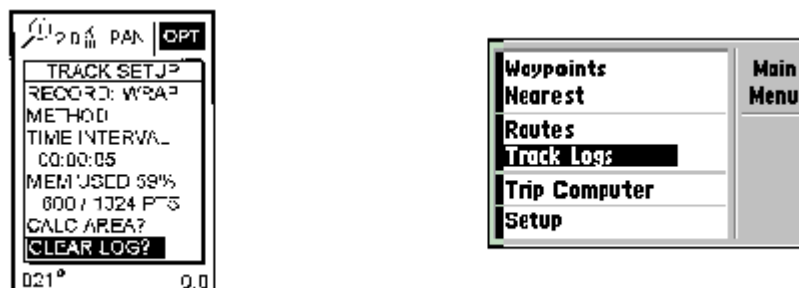


Figura 6: Configuração do Mapeamento Automático.

Existem três opções de gravação ou RECORD:

- **DESL**: nenhum ponto será registrado;
- **PARE QUANDO CHEIO** - STOP WHEN FULL - FILL: os pontos serão registrados até que a memória esteja cheia, parando de gravar;
- **COBRIR QUANDO CHEIO** - WRAP WHEN FULL - COB: os pontos serão registrados até que a memória esteja cheia, passando a sobrepor os pontos mais recentes sobre os iniciais.

Quanto ao método de gravação, existem duas opções:

-AUTO: o GPS irá analisar o percurso e gravar pontos de maneira otimizada, ou seja, só quando houver mudanças significativas de direção. Esta opção economiza memória, sendo indicada para deslocamentos maiores;

-TEMPO: o intervalo de tempo de gravação dos pontos será configurado de acordo com o usuário. Neste caso, é importante saber a autonomia do aparelho em número de TRACKPOINTS. Exemplo: um GPS com 1024 pontos de TRACK, gravando a taxa de 1 segundo, teria capacidade para trabalhar 1024 segundos ou 17 minutos. Neste caso, a velocidade de deslocamento determinaria a extensão registrada, ou seja, um veículo trafegando a 40 km/h ou 11,11 m/s ($40 \times 1000 \text{m} / 3600 \text{s}$), irá captar um ponto a cada 11,11m. A extensão medida será de $11,11 \text{m} \times 1024 = 11.376,64 \text{m}$ ou 11,37km. Portanto, a opção de intervalo de tempo é recomendada para deslocamentos menores, onde pretende-se uma representação mais detalhada do trecho levantado.

-DISTÂNCIA: o GPS irá gravar pontos no intervalo de distância desejado pelo usuário. Exemplo: gravando pontos a cada 20m (estaca brasileira), com autonomia de 1024 pontos: $20 \times 1024 = 20480 \text{m}$ ou 20,48 km de extensão.

Em qualquer situação, há necessidade de planejar o uso dos recursos do GPS para não voltar do campo “sem dados” ou “com dados levantados de forma inadequada”. Após percorrer o trecho, salve a sua trilha ou TRACKLOG.

No caso de aparelhos com autonomia limitada (número de TRACKPOINTS reduzidos), há necessidade de descarregar a trilha no computador e depois “LIMPAR O LOG” – CLEAR LOG”. Este comando apagará todos os pontos de trilha, liberando o GPS para novos trabalhos.

A opção de utilizar um laptop ou palmtop com um software que permita a navegação em tempo real elimina todos estes problemas de autonomia. O GPS estará “plotando” os dados diretamente no computador. Neste caso, o usuário deverá tomar providências para proteger estes equipamentos de impactos, poeiras e outras avarias.

Resumindo, ao acessar o menu principal do aparelho, deve-se configurar os seguintes parâmetros:

- **Defasagem do Tempo** com relação à origem GPS: Região SE -03:00 (horário normal) : -02:00 (horário de verão);
- **Datum** da base onde serão descarregado os dados: o SAD-69 e o Córrego Alegre são os *data* oficiais do Brasil. Atenção para o WGS-84 (*default* do GPS) e o SIRGAS (datum que está para ser adotado no Brasil e América do Sul);
- **Tipo de Coordenada:** as coordenadas planas UTM são indicadas para trabalhos em bases vetoriais, que trabalham com sistemas CAD ou GIS;
- **Modo e Método de Gravação das Coordenadas no TRACKLOG:** tanto nos modos PARE QUANDO CHEIO ou COBRIR QUANDO CHEIO, deve-se evitar a perda de dados. O planejamento adequado do levantamento depende da escolha do método de gravação e da velocidade de deslocamento (quando utilizar a opção de TEMPO).



Figura 7: Localização da antena no aparelho GPS de Navegação.

4. Recomendações para o Levantamento de Campo

Os cuidados no levantamento de campo propriamente dito estão na colocação do GPS e na velocidade de aquisição dos dados. No primeiro caso, o aparelho deve estar numa posição em que a antena esteja livre de qualquer obstrução. A antena destes aparelhos, geralmente, fica na parte frontal superior (Figura 7). Independente do veículo utilizado (a pé, moto, cavalo, carro, etc), esta antena deve estar na posição horizontal. Alguns aparelhos, permitem a ligação de **antenas externas**, fixadas na parte externa do veículo ou até mesmo em capacetes ou bonés. Estas antenas melhoram a recepção dos sinais aumentando a acurácia do mapeamento.

Quando a velocidade de aquisição, ela deve ser dimensionada de modos a captar dados com o maior nível de detalhe, mantendo a segurança das pessoas envolvidas. Deve-se procurar a menor taxa possível (1 segundo) com a velocidade mínima de segurança.

5. Alguns resultados em áreas urbanas

Alguns testes realizados na cidade de Juiz de Fora (MG) pelos estudantes do curso de Topografia Avançada da Universidade Federal de Juiz de Fora mostraram resultados muito interessantes. Os arquivos foram descarregados na base da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), construída no Datum Córrego Alegre. Nas figuras seguintes, tem-se exemplos de levantamentos em regiões mais densas e áreas com pouca obstrução.

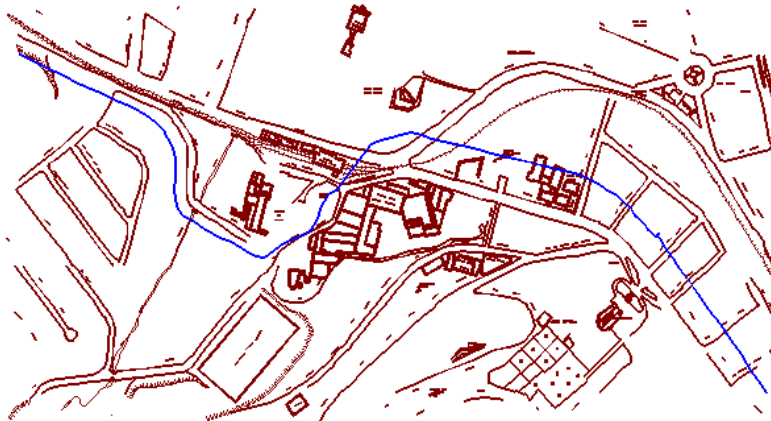


Figura 8: Levantamento com GPS de Navegação em áreas com muitas obstruções.

Geodésicos conseguiriam boa performance, visto que o sinal também sofreria interferências dos prédios altos. A recomendação nestas situações é de usar aparelhos de topografia como as estações totais, medindo no processo tradicional.

No exemplo da Figura 9, tem-se o levantamento da Rodovia Estadual MG-353 que faz a ligação de Juiz de Fora com o eixo central da Zona da Mata (BR-120) sentido Ubá, Viçosa e Ponte Nova. Este trecho, apesar de estar dentro da área urbana de Juiz de Fora, apresenta poucas obstruções, com resultados bem mais precisos. Nos trechos onde não houve coincidência com a faixa da direita, o erro ficou menor que 5 metros, superando o previsto para este tipo de aparelho. O acompanhamento das sinuosidades deste trecho, mostram a eficiência tanto em trechos retos como curvos. Foram mantidas a mesma taxa de gravação de 1 segundo e a velocidade média de 40 km/h, garantindo o cadastro de um ponto a cada 11,11 metros, conforme visto no item 3.1.

6. Considerações Finais

Os resultados mostrados nesta comunicação não objetivam incentivar o uso indiscriminado dos aparelhos GPS de Navegação. Como foi colocado no texto, existem várias recomendações que devem ser seguidas para obtenção de resultados mais precisos no levantamento de feições lineares. Em medições mais precisas, deve-se utilizar os receptores Topográficos e Geodésicos.

Contudo, com o aumento da constelação GPS para 28 satélites tem-se obtidos resultados surpreendentes, com erros menores que os 5 metros previstos na literatura. O levantamento de feições lineares em áreas com pouca ou nenhuma obstrução, como no caso de estradas vicinais, trilhas dentro de parques florestais e outras aplicações com escalas finais de 1:25.000 ou pior, podem ser cadastradas com aparelhos GPS de Navegação.

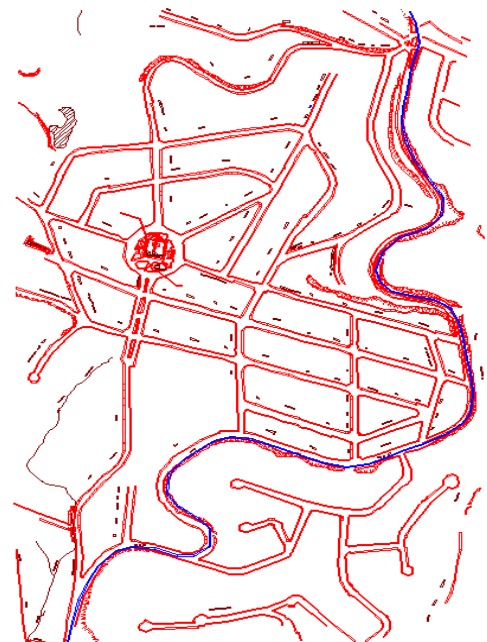


Figura 9: Levantamento com GPS de Navegação da MG-353 na área urbana de Juiz de Fora.

Recomenda-se a aquisição de aparelhos com a maior capacidade de armazenamentos de pontos possível (existem aparelhos com autonomia para 10.000 TRACKPOINTS), resistência a impactos e autonomia de no mínimo 8 horas de trabalho no campo (baterias AA). Acessórios como adaptador para isqueiros, antenas externas e cabos para descarregar os dados são essenciais para o uso eficiente destes aparelhos.

A presença de um altímetro acoplado e calibrado é importante no caso de necessidade de obtenção de perfis com altitudes ortométricas (com relação ao nível médio dos mares), visto que a altura destes aparelhos é elipsoidal, com diferenças consideráveis no posicionamento absoluto.

Prefeituras de cidades pequenas e gerências de parques municipais, estaduais e federais podem investir na aquisição destes aparelhos, com custos aproximados de R\$ 1.000,00 (hum mil reais), para auxiliar na confecção de um mapa preliminar de suas estradas, trilhas e matas.

7. Referências Bibliográficas

ROCHA, C. H. B. *Avanços Tecnológicos no Levantamento e Processamento de Dados para o Projeto Geométrico de Vias*, USP, EESC, São Carlos, SP, 1994, 103p. (Dissertação de Mestrado)

ROCHA, C. H. B. *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar*. 2ª Edição do Autor – Revista, Atualizada e Ampliada, Juiz de Fora, MG, 2002, 220 p.

ROCHA, C. H. B. *GPS de Navegação: para mapeadores, trilheiros e navegadores*. Edição do Autor, Juiz de Fora, MG, 2003, 124 p.

RODRIGUES, A. P. M. *Lançado mais um Satélite GPS*. Disponível na Internet via www URL: <http://www.portalgps.com.br> Arquivo consultado em 30/06/2003.

SILVA, I. *Curso de Mensuração. The Global Position System – GPS*, Maceió, AL, 1995.

UNB, *University of New Brunswick, Faculty of Engineering, Department of Geodesy and Geomatics Engineering* Disponível na Internet via www URL: <http://www.unb.ca/GGE> .Arquivo consultado em 25/10/2003.

Agradecimentos

Aos alunos do curso de Topografia Avançada da Universidade Federal de Juiz de Fora – Turma do primeiro semestre de 2003, pelos levantamentos realizados com GPS, cujos resultados motivaram o desenvolvimento deste trabalho.