

UniCEUB – Centro Universitário de Brasília
FACE – Faculdade de Ciências da Educação
Curso: Licenciatura em Geografia

O Uso do GPS Absoluto no Levantamento Topográfico Planimétrico para o SICAD.

Thiago Silva Gomes

Monografia apresentada como exigência
final do Curso de Graduação em Geografia,
do UNICEUB –CENTRO
UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA.

Professora: Odete Resende Roncador
Orientador: Luiz Oswaldo Pamplona Conceição

Brasília, novembro de 2001.

Dedico aos meus pais pelos sacrifícios feitos para me oferecer o melhor. E à Chácara das Azaléias, fonte de inspiração deste projeto.

Thiago.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me ajudar a concluir este curso, cumprindo mais uma etapa da vida.

À HBS Engenharia Ltda., especialmente ao Engenheiro, Geógrafo Hélio Borges Sobrinho, por fornecer todo o equipamento, infraestrutura e apoio técnico.

Ao meu companheiro acadêmico César Coura, que me ajudou a cumprir as demais obrigações do semestre letivo.

E à Ana Carolina Coimbra, pela ajuda na formatação e organização da apresentação final desta monografia.

SUMÁRIO

PROJETO	1
INTRODUÇÃO	5
SICAD – SISTEMA CARTOGRÁFICO DO DISTRITO FEDERAL	9
1. 1.Apresentação	9
2. Considerações Iniciais	9
3. Base Física do Sistema	11
4. Montagem do Sistema que Compõe os Mapeamentos	12
4.1. Informações Gerais	12
4.2 Sistema de Projeção	13
4.3. Vinculação do Sistema às Imposições da Cartografia Brasileira	14
4.4. Apresentação do Sistema	17
5.Considerações sobre o Sistema de Coordenadas Plano-Retangulares no Projeto do SICAD	21
5.1 Apresentação	21
5.2 Considerações sobre o Sistema de Coordenadas Plano-Retangulares no Projeto do SICAD	22
O SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL	26
1. Histórico	26
2. Segmentos	30
2.1 Segmento Espacial	30
2.2 Segmento de Controle	32
2.3 Segmento de Usuários	33
3. Modo de Posicionamento	34
4. Acurácia	34
5. Aplicações	35
5.1 Posicionamento Absoluto	35

O LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIMÉTRICO	36
1. O Uso do GPS no Levantamento Topográfico	37
2. O Trabalho de Campo	38
2.1 O Planejamento	39
2.1.2 Equipamento	39
2.1.3 Configuração do Equipamento	40
2.1.4 Metodologia	42
2.1.5 Estimativa do Período de Levantamento	42
3. O Levantamento dos Pontos	42
4. Trabalho de Gabinete	44
4.1 O Uso do Software <i>MapSource</i> para Descarregar os Pontos do GPS	44
4.2 O Uso do Software <i>MicroStation SE</i> para Desenhar as Áreas	45
5. Resultados e Confrontações	46
CONCLUSÃO	47
BIBLIOGRAFIA	48
ANEXO 1 – Plantas Individuais, Memoriais Descritivos e Planta Geral	49
ANEXO 2 – Planta de Confrontação de Dados	67

PROJETO

Centro Universitário de Brasília – UniCEUB

Faculdade de Ciências da Educação

Curso: Geografia

Semestre: 7º Semestre

Professora: Gladis

Aluno: Thiago Silva Gomes

Telefone: 274-0775

E-mail: geographie_tsg@hotmail.com

Projeto da Monografia

O Uso do GPS Absoluto para o
Levantamento Topográfico Planimétrico no
SICAD

1. Tema: O Uso do GPS Absoluto no Levantamento Topográfico no SICAD (Sistema Cartográfico do Distrito Federal).
2. Introdução: O levantamento topográfico pode ser feito de diversas formas com variados tipos de equipamentos. Existem os instrumentos ópticos como o Teodolito e a Estação Total, que trabalham basicamente com transferência de coordenadas através da medida de ângulos e distâncias. Entretanto, com a evolução do Sistema de Posicionamento Global (GPS), que opera através de satélites orbitais que enviam sinais aos receptores e estes decodificam para a transformação em coordenadas, o levantamento topográfico e o mapeamento se tornaram mais dinâmicos, precisos e informatizados, levando a expansão e evolução dessa atividade extremamente significativa para a gestão espacial e de seus recursos.

Para o Distrito Federal, as atividades de mapeamento são dotadas de uma particularidade. A Unidade Federativa da Capital se encontra em dois meridianos: o de 45° W e o 51° W. Esse fato seria irrelevante caso as coordenadas geográficas fossem usualmente utilizadas na cartografia sistemática. Contudo, baseado nas Cartas ao Milionésimo (Escala 1:1.000.000), as coordenadas UTM (Universal Transversa Mercator) são as que melhor representam a posição no Globo Terrestre, e o Distrito Federal se localiza justamente sobre duas dessas cartas. Esse fato gera um problema para a transposição de coordenadas de uma carta para a outra devido a descontinuidade de informação, o que resulta em inúmeros cálculos e conversões para a localização dos pontos. Assim, especialmente para o Distrito Federal, foi criado um sistema particular para facilitar a localização dos pontos e a representação em cartas ou mapas. O SICAD (Sistema Cartográfico do Distrito Federal) é componente essencial e determinante para um trabalho eficiente e preciso de levantamento topográfico em áreas situadas no Distrito Federal.

3. Objetivo: demonstrar com trabalho prático, a metodologia de captação de dados e mapeamento no Distrito Federal, determinando os limites das áreas, utilizando-se a tecnologia de GPS Absoluto ou Autônomo e transpondo as informações do *Software* do rastreador para o MicroStation SE (*software CAD* empregado na Cartografia Digital).
4. Metodologia: utilização do GPS Garmin E-Trex ou similar em área particular da Região Administrativa IX – Ceilândia. Após a coleta de dados e pontos da área, estes serão trazidos ao gabinete para as informações serem descarregadas no *software* do GPS. As informações georeferenciadas e já pré-cadastradas serão exportadas em formato DXF para o *software CAD* MicroStation SE, possibilitando o início dos trabalhos de desenho e representação da área mapeada. Os estudos e trabalhos serão executados conforme o SICAD – Sistema Cartográfico do Distrito Federal – e a área será situada no mesmo.
5. Síntese: o trabalho será desenvolvido utilizando, conceituando e explicando a tecnologia de GPS voltada para o levantamento e mapeamento topográfico. Serão feitos croquis e mapas escalados e estes serão descritos segundo a Cartografia Sistemática. O trabalho será dividido em três frentes: a primeira será direcionada para a explicação do SICAD, desde seu histórico até a nomenclatura utilizada em suas cartas. A segunda será destinada à abordagem histórica e técnica, essa em termos superficiais, da tecnologia do Sistema de Posicionamento Global. E, por fim, a terceira será o relatório e produto do Levantamento Topográfico Planimétrico realizado com o GPS Absoluto no Sistema Cartográfico do Distrito Federal.

6. Bibliografia:

- BERALDO, Primo e SOARES, Sérgio Monteiro. **GPS – Introdução e Aplicações Práticas**. Criciúma – SC, 1995. 150 p.
- CHAGAS, Arlos Braga. **Manual do Agrimensor**. Ministério da Reforma e do Desenvolvimento Agrário - Secretaria Geral Coordenadoria de Cartografia. Brasília, 1988.
- CODEPLAN. **Projeto do Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD**. Brasília, 1976. 213p.
- CODEPLAN. **Considerações sobre os Sistemas de Coordenadas Plano- Retangulares no Projeto do Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD**. Brasília, 1977. 32 p.
- BRASIL, República Federativa do. **Código Florestal**- Governo do Estado de São Paulo. Lei 4771/65. 15 de setembro de 1965 - Alterada pela Lei Nº7803/89 - Julho de 1989.
- FORTES, Paulo de Tarso Ferro de Oliveira. **Apostila - Noções de Geodésia, Cartografia e Sistema de Posicionamento Global**. Universidade de Brasília - Instituto de Geociências. 76 p.
- GARMIN CORPORATION (2000). eTREX Personal Navigator – **Owner’s Manual**. Garmin, 2000.

Brasília, 25 de maio de 2001.

INTRODUÇÃO

Quando o Distrito Federal foi criado, surgiram indagações sobre como seria o sistema cartográfico local já que, o mapeamento das áreas urbanas e rurais seria imprescindível para qualquer tipo de planejamento territorial.

Com a definição de seus limites e fronteiras, notou-se que o Distrito Federal se localizava, para a Cartografia Sistemática, entre dois fusos ou zonas do sistema UTM de projeção. Este fato geraria uma série de complicações para aplicar qualquer projeto em áreas de transição entre os dois fusos. As coordenadas teriam que passar por processos complexos de transformação para a obtenção de um único padrão de localização segundo o meridiano principal de um único fuso.

Assim, iniciou-se uma pesquisa direcionada para solucionar este problema. Procurava-se uma solução que fosse simples e lógica para qualquer usuário ou profissional que necessitasse de localizar áreas contidas no Distrito Federal. Então, em 1974, a CODEPLAN – Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central – iniciou os trabalhos para a criação do SICAD – Sistema Cartográfico do Distrito Federal – visando a implantação de um sistema de informações cartográficas.

O Projeto do SICAD é um patrimônio da engenharia cartográfica nacional. Suas propostas são extremamente práticas e inteligentes para o problema vivido na Unidade Federativa da Capital.

Entretanto, após duas décadas da criação do SICAD, uma tecnologia muito moderna e, nas décadas anteriores, onerosa e pouco difundida, começa a se tornar acessível aos usuários civis. Trata-se da tecnologia de GPS (*Global Position System*) ou Sistema de Posicionamento Global, que usa rastreadores de sinais de satélites orbitais para a navegação marítima, aérea e terrestre e,

também, a localização de pontos, segundo suas coordenadas, em qualquer parte do planeta.

Quando a tecnologia começa a ser empregada no Distrito Federal, seja para atividades amadores seja para profissionais, surgem os primeiros obstáculos a respeito de como seriam configurados os aparelhos para trabalhar em um sistema tão particular quanto o SICAD. Seria possível programar e configurar os rastreadores e *softwares* de GPS para trabalhar com alta precisão no sistema local? As perguntas surgiram e as respostas vieram logo. Os modelos de GPS, possuem, em quase todos os casos, uma maneira de inserir um sistema de projeção dentro do aparelho ou nos programas que ele utiliza conforme as especificações que o sistema possui. Não é por acaso que a tecnologia se expandiu rapidamente assim que a mesma se tornou acessível economicamente e politicamente para os civis (antes, a alta precisão dos aparelhos só era permitida às Forças Armadas do Estados Unidos).

Contudo, para configurar o rastreador, mesmo o mais simples, para operar no Distrito Federal, exige-se o conhecimento básico de como funciona o SICAD, de como funciona o Sistema de Posicionamento Global e, é claro, noções de Cartografia para a compreensão das informações de ambos os temas.

Quando utilizamos um GPS para fins profissionais como medições e locações de áreas rurais ou urbanas, exige-se um grau de precisão maior, já que trata-se de um trabalho que objetiva representar com lealdade as dimensões e a posição das áreas escolhidas. A pouco tempo, o uso de GPS para fins profissionais não era absolutamente confiável. Mas, com o desenvolvimento da tecnologia e da microinformática, os rastreadores passaram a fornecer grande precisão nos seus resultados. Outra contribuição para este fato, foi a extinção da Degradação Induzida dos Sinais dos Satélites pelas Forças Armadas dos EUA. Esta degradação era introduzida aos sinais dos satélites para que os rastreadores civis não obtivessem sinais precisos das posições no globo. Esta medida era de

interesse militar e servia como prevenção para o uso do GPS para o direcionamento de mísseis e bombas.

Então, hoje, o GPS é muito utilizado para mapeamentos, atualização de cartas, cadastro de propriedades e muitas outras atividades que visam a localização de elementos geográficos. A Topografia, ramo da cartografia que visa a descrição da superfície e sua localização no globo, é uma das ciências que utiliza o GPS. Nela podemos identificar duas frentes: a Planimetria e a Altimetria. A Planimetria se refere ao posicionamento horizontal dos elementos, ou seja, a definição de coordenadas para o objeto. E a Altimetria, que visa o posicionamento vertical dos elementos, ou seja, a definição de quantos metros acima do nível do mar se encontra o objeto. Então, quando executamos um trabalho visando somente o posicionamento horizontal o chamamos de Levantamento Topográfico Planimétrico.

Os rastreadores de satélites podem ser, basicamente, de dois tipos: o GPS Absoluto e o GPS Geodésico ou Diferencial. O GPS Absoluto, menos preciso, teoricamente não poderia ser utilizado para fins profissionais. Mas com a recente extinção da degradação do sinal, este tipo de equipamento se tornou preciso o suficiente para este fim. Este fato é muito interessante do ponto de vista econômico já que o GPS Diferencial possui preços elevados para empresas de pequeno porte. No entanto, precisa-se ressaltar que o GPS Absoluto não substituí o Diferencial na maioria das atividades que exigem precisões submétricas.

Em virtude desta perspectiva, tive a iniciativa de fazer um trabalho que congregasse os três aspectos básicos da cartografia no Distrito Federal, ou seja, executar um Levantamento Topográfico Planimétrico, com o GPS absoluto no Sistema Cartográfico do Distrito Federal. Assim, a abordagem dos três temas é essencial para a boa compreensão do estudo.

Primeiramente, o Projeto SICAD será abordado nos aspectos mais relevantes ao entendimento das operações do levantamento topográfico

planimétrico. Por conseguinte, por se tratar de um assunto ainda pouco conhecido, tratarei do Sistema de Posicionamento Global, desde seu histórico até seus segmentos e aplicações. E por fim, usarei um GPS Absoluto para sincronizar os dois sistemas em um Levantamento Topográfico Planimétrico, abordando de maneira superficial os passos para a execução deste tipo de trabalho topográfico, desde o planejamento, até os resultados finais do estudo prático.

SICAD – SISTEMA CARTOGRÁFICO DO DISTRITO FEDERAL

1. Apresentação

O Projeto SISTEMA CARTOGRÁFICO DO DISTRITO FEDERAL - SICAD, é instrumento na composição do perfil de corpo inteiro que se pretende do Distrito Federal.

Em 10 de dezembro de 1974, o Distrito Federal celebrava convênio com a CODEPLAN com vistas a Estudos Preliminares de elaboração da Planta Cadastral; 18 de julho de 1975, conveniava-se a execução da primeira fase do trabalho (proposição dos Estudos Preliminares) já sob o título de Cadastro Técnico do Distrito Federal.

Nesta primeira fase, previa-se a elaboração do SICAD ora apresentado. Nessa perspectiva, disciplina-se um processo, propõe-se uma metodologia, estabelecem-se critérios e especificações técnicas: sistematiza-se importante área de estudos para o planejamento governamental.

É uma ação consciente, meditada e, sobretudo, necessária.

Quer-se a imagem fiel da terra nas dimensões visuais e imediatas do homem, para transformar essa mesma terra em agente da qualidade da vida.

A CODEPLAN, empresa vinculada à Secretaria do Governo do Distrito Federal, possa ter realizado mais um bom trabalho, para o Governo e a Comunidade da Capital da República.

2. Considerações Iniciais

O Brasil, através de suas principais entidades cartográficas (o IBGE e a Diretoria do Serviço Geográfico - DSG - do Ministério do Exército) vem sendo, diretamente ou por contratos firmados com empresas nacionais de

aerolevantamento, sistematicamente mapeado por folhas justapostas, em escala de 1:100.000, genericamente considerada a mais indicada para o planejamento a alto nível.

Em algumas áreas do País, porém, atendendo a exigências do desenvolvimento de caráter regional, o mapeamento sistemático básico está sendo elaborado na escala de 1:50.000. Em outras, mais restritas e com características muito próprias, o trabalho vem sendo executado na escala de 1:25.000.

Relativamente, são poucos os mapeamentos de boa qualidade em escalas maiores. Os existentes, normalmente, não possuem sistematização adequada.

Relativos à área do DISTRITO FEDERAL, com características apropriadas quanto à sistematização cartográfica e ao sistema de projeção adotado, existem, apenas, um mapeamento na escala de 1:100.000, que inclui toda a área considerada, e um outro, na escala de 1:25.000, de Brasília e adjacências, ambos executados pela Diretoria do Serviço Geográfico, a partir de recobrimentos fotogramétricos realizados, respectivamente, nas escalas de 1:60.000 e 1:20.000, pela Força Aérea dos Estados Unidos, sob a supervisão do Estado Maior das Forças Armadas do Brasil, no período compreendido entre os anos de 1964 e 1966.

Em decorrência desta situação, a Companhia do Desenvolvimento do Planalto Central — CODEPLAN propôs ao Governo do Distrito Federal a implantação de um sistema de informações cartográficas alicerçado em mapeamentos precisos, elaborados em escalas convenientes, permanentemente atualizados, referenciados ao Sistema Cartográfico Brasileiro que atenderiam às necessidades de todas as entidades que atuam na área, no que diz respeito ao fornecimento de dados indispensáveis aos trabalhos de planejamento, aos pré-projetos e, em alguns casos, aos projetos de engenharia que se fizessem

necessários e, em particular, se constituíssem na base física do Cadastro Técnico do Distrito Federal - CTDP.

O estabelecimento das características gerais do Sistema Cartográfico do Distrito Federal — SICAD, das especificações técnicas que norteiam a implantação de sua base física, da metodologia julgada a mais adequada à sua permanente atualização e de critérios outros que permitam o melhor aproveitamento possível de todos os seus produtos finais, constituem os objetivos básicos deste projeto.

3. Base Física do Sistema

Constituem a base física do Sistema Cartográfico do Distrito Federal - SICAD, os produtos finais do mapeamento nas escalas de 1:10.000, 1:2.000 e 1:1.000, as quais foram julgadas as mais adequadas ao atendimento das necessidades cartográficas comuns a todas as entidades da área.

Os mapeamentos na escala de 1:2.000 são:

- plani-altimétricos, executados de acordo com as técnicas e processos aerofotogramétricos mais avançados, ora em utilização;

- elaborados no Sistema de Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator), atualmente adotado em todos os trabalhos de cartografia sistemática executados no País.

O mapeamento na escala de 1:1.000 é planimétrico, elaborado a partir dos originais na escala de 1:2.000, por meio de operações precisas de ampliação fotográfica.

Todos os mapeamentos que compõem o SICAD são sempre referenciados, por seus posicionamentos geográficos e índices de nomenclatura, ao SISTEMA CARTOGRÁFICO BRASILEIRO, o que permite o controle efetivo de todos os trabalhos cartográficos de boa qualidade, realizados no País, facilitando, sobremaneira, o aproveitamento das informações constantes das

bases cartográficas - e, portanto, geocodificadas - por órgãos e entidades de outras esferas de atuação.

Foram elaboradas:

- 244 folhas, na escala de 1:10.000, correspondentes ao mapeamento de uma área de, aproximadamente, 7.500 km², compreendendo o Distrito Federal e adjacências;

- 430 folhas, na escala de 1:2.000, correspondentes ao mapeamento de uma área aproximada de 450 Km²; compreendem as áreas urbanizadas, ou em processo de urbanização, de Brasília, Taguatinga, Sobradinho, Gama, Planaltina, Brazlândia e demais aglomerados urbanos; e

- 974 folhas, na escala de 1:1.000, correspondentes ao mapeamento, por ampliação fotográfica, de áreas específicas pré-selecionadas no esquema cartográfico, executado na escala de 1:2.000.

Estão representados, na escala de 1:1.000, cerca de 300 Km² de área, em sua quase totalidade urbanizada.

Todas as folhas que compõem este sistema são elaboradas de acordo com as especificações indicadas neste projeto.

A implantação da base física do sistema foi concluída em dezembro de 1976.

4. Montagem do Sistema que Compõe os Mapeamentos

4.1. Informações Gerais

Constituem a base cartográfica do Distrito Federal os aerolevantamentos desenhados nas escalas de 1:10.000 e 1:2.000 e as cartas topográficas elaboradas, por ampliação fotográfica a partir do mapeamento em 1: 2.000. Os produtos finais relativos ao mapeamento executado na escala de 1:10.000 têm como principais objetivos:

- permitir o desenvolvimento de trabalhos de planejamento, a nível metropolitano, à luz de uma documentação cartográfica atualizada e precisa; e
- servir de base à elaboração, na área de engenharia de projeto, dos estudos de concepção, através dos quais poderão ser pré-orçadas as soluções mais viáveis, visando à obtenção de uma melhor relação custo-benefício.

Constituem-se, estes produtos, no mapeamento básico para estudos gerais.

- Os produtos finais do aerolevanteamento, na escala de 1:2000 servem de base física ao Cadastro Técnico do Distrito Federal - CTDF e aos projetos de engenharia propriamente ditos. Quando necessário, podem ser complementados por levantamentos topográficos especiais, executados com as precisões requeridas, especificamente de acordo com a natureza dos projetos.

- Os produtos finais, na escala de 1:1.000, têm características de precisão compatíveis com as do mapeamento em 1:2.000, do qual serão oriundos, acrescidos os erros incontornáveis das operações de ampliação fotográfica.

- mapeamento nesta escala tem o objetivo principal de permitir a aposição, com maior nitidez, de informações complementares de caráter específico e julgadas indispensáveis, para a qual os produtos finais, na escala de 1:2.000, não ofereceriam espaço geográfico suficiente.

4.2 Sistema de Projeção

Os aerolevanteamentos serão executados no Sistema de Projeção UTM (Universal Transversa de Mercator) que possui as seguintes características;

- projeção conforme, cilíndrica transversa, tipo Mercator;
- meridianos centrais de 45° W e 51° W de longitude, fusos de 6° de amplitude, os de números 23 e 22 da Carta Internacional ao Milionésimo;
- coeficiente de redução nos meridianos centrais, $K_0 = 0,9996$;

- origem das coordenadas planas no cruzamento do Equador $N=10.000.000$ metros, com os meridianos centrais dos fusos considerados, $E=500.000$ metros;

Elipsóide Internacional (HAYFORD) aprovado pela Assembléia da União Geodésica e Geofísica Internacional, Madri, 1924.

4.3. Vinculação do Sistema às Imposições da Cartografia Brasileira

O Sistema Cartográfico Brasileiro, referido à Carta Internacional ao Milionésimo, encontra-se especificado até a folha de carta, de $7'30'' \times 7'30''$, na escala de 1:25.000, por organizações cartográficas oficiais, às quais cabe a responsabilidade do mapeamento sistemático do País, em pequenas e médias escalas.

A partir desta escala, como ampliação do Sistema Nacional e com o objetivo de conter, também, escalas maiores, estão aqui determinados o posicionamento e a grandeza das folhas de carta, em 1:10.000, 1:2.000 e 1:1.000, escalas consideradas as mais adequadas ao Sistema Cartográfico do Distrito Federal.

O Sistema inclui a escala de 1:5.000 que, embora não prevista de imediato, poderá ser a mais indicada para trabalhos de natureza específica, como, por exemplo, o da carta-piloto de cadastro.

As dimensões das folhas que compõem o SICAD serão as seguintes:

- Escala de 1: 10.000: $3'45''$ (arco de longitude) por $2'30''$ (arco de latitude);

- Escala de 1: 5.000 (incluída no Sistema): $1'52,5''$ (arco de longitude) por $1'15''$ (arco de latitude);

- Escala de 1: 2.000: $37,5'' \times 37,5''$ (arcos de latitude e longitude);

- Escala de 1: 1.000: $18,75'' \times 18,75''$ (arcos de latitude e longitude).

O posicionamento das folhas está indicado nos esquemas aqui apresentados.

O índice de nomenclatura que compõe o SICAD está de acordo com o que foi estabelecido para o Sistema Cartográfico Brasileiro, até a escala de 1:25.000, acrescido das referências correspondentes às folhas elaboradas nas escalas de 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000 e 1:1.000, conforme o esquema de posicionamento já referido.

Exemplo elucidativo:

SD. 23-Y-C-IV-1-NE-A-1-3-B sendo:

SD. 23 - referência à folha na escala de 1:1.000.000 (Sistema Internacional);

Y - referência à folha na escala de 1:500.000 (Sistema Nacional);

C - referência à folha na escala de 1:250.000 (Sistema Nacional);

IV - referência à folha na escala de 1:100.000 (Sistema Nacional);

1 - referência à folha na escala de 1:50.000 (Sistema Nacional);

NE - referência à folha na escala de 1:25.000 (Sistema Nacional);

A - referência à folha na escala de 1:10.000 (SICAD);

I - referência à folha na escala de 1:5.000 (SICAD);

3 - referência à folha na escala de 1:2.000 (SICAD); e

B - referência à folha na escala de 1:1.000 (SICAD).

Como os índices de nomenclatura, referenciadores das folhas de carta que compõem o SICAD ao Sistema Cartográfico Brasileiro, são apresentados através de um número bastante elevado de dígitos, seu emprego viria complicar, de algum modo, a manipulação do sistema e tornaria um tanto demorada a localização dos originais.

Para evitar isto, foram propostos índices abreviados, a partir das folhas de carta na escala de 1:10.000. Assim, cada folha, nesta escala, terá um número próprio, composto de três dígitos e obtido da numeração das 244 folhas, a partir do canto NW do esquema geral do sistema. Por exemplo, a folha RD.23-Y-C-IV-3-NE-A terá o número 121.

As folhas em escalas maiores (1:5.000, 1:2.000 e 1:1.000) tem o seu índice de nomenclatura abreviado representado pelo número da folha em 1:10.000, acrescido dos correspondentes dígitos característicos do SICAD. Por exemplo, a folha na escala de 1:1.000, cujo índice de nomenclatura normal é SD23-Y-C-IV-3-NE-A-1-2-A será representada, apenas, pelo índice abreviado 121-1-2-A.

Deste modo, existe, sempre, a possibilidade de uma rápida referência do índice abreviado ao índice de nomenclatura normal do sistema.

Observação:

O posicionamento geográfico do Distrito Federal constitui caso muito especial, em termos de sistematização cartográfica. Sua área está incluída em quatro folhas de 1:1.000.000 - as de índice SD 22, SE 22, SD 23 e SE 23 - distribuídas em dois fusos, os de 45° W e 51° W de longitude nos meridianos centrais, respectivamente os de números 23 e 22 da Carta Internacional ao Milionésimo.

Como a área está distribuída em dois fusos, isto é, em dois sistemas parciais de coordenadas plano-retangulares, com origens diferentes, haveria que se tomar cuidados muito especiais na manipulação dos dados cartográficos obtidos das folhas de carta. Sempre que houvesse a necessidade de utilização simultânea de dados originados de elementos representados em fusos diferentes, não se poderia esquecer de referenciá-los, matematicamente, a uma única origem, isto é, utilizá-los em relação a um só fuso, o que, no caso, permitisse deformações menores. No caso, todos os elementos também poderiam ser transformados em dados geográficos (latitude e longitude) e, depois de acordo com a necessidade, manipulados diretamente sobre o Elipsóide de Referência. Para contornar esta situação própria do posicionamento geográfico do Distrito Federal, todo o mapeamento do fuso de n° 22 será referenciado ao Meridiano Central de 45°. Isto significa que o fuso de n° 23 será estendido ao limite Oeste

da área a mapear. Os aumentos das deformações não chegam a comprometer a qualidade dos trabalhos.

Haverá na moldura das folhas de carta, situadas na área geográfica do fuso de n° 22, referência à quadriculagem relativa ao Meridiano Central de 51° W. No rol das coordenadas de pontos de apoio básico horizontal situadas no fuso de n° 22, constarão valores relativos aos meridianos centrais de ambos os sistemas parciais considerados.

4.4. Apresentação do Sistema

As dimensões geográficas, representadas por arcos de latitude e de longitude, impostas às folhas que compõem o SICAD, permitem a apresentação dos seus produtos finais no padrão A1 da ABNT, o que vem, sobretudo, facilitar a sua manipulação e o seu arquivamento.

Os elementos necessários à composição do Sistema e à utilização dos produtos cartográficos que o compõem podem ser obtidos facilmente com o auxílio de computadores eletrônicos. Assim, para cada folha que compõe o Sistema, foram calculados, a partir da folha na escala de 1:100.000, os seguintes elementos:

- o índice de nomenclatura;
- o valor do coeficiente de deformação linear K, calculado para o ponto central da folha;
- o valor da convergência meridiana γ , calculado também para o ponto central;
- as coordenadas geográficas dos quatro cantos; e
- as coordenadas plano-retangulares (UTM) dos quatro cantos.

A listagem obtida em computador IBM 1130 e os cartões, para este fim perfurados, fizeram parte deste projeto.

São aqui apresentados, também, os modelos das folhas-padrão, nas escalas de 1:10.000, 1:2.000 e 1:1.000.

A folha relativa ao mapeamento, na escala de 1:5.000, teria as mesmas dimensões da folha em 1:10.000.

Estes modelos contém proposta para o posicionamento dos elementos de legenda julgados indispensáveis. Na legenda das folhas, na escala de 1:1.000, para permitir maior espaço às informações complementares, quando necessárias, não constam as convenções cartográficas e outros dados julgados, no caso, dispensáveis.

Nas páginas que se seguem estarão expostos: o esquema de articulação das folhas nas escalas de 1:100.000 e escalas maiores e, em seguida, o índice de nomenclatura das folhas na escala de 1:10.000.

Articulação

Índice

5. Considerações sobre o Sistema de Coordenadas Plano-Retangulares no Projeto SICAD

5.1 Apresentação

A CODEPLAN - Companhia do Desenvolvimento do Planalto Central, mediante convênio com o Governo do Distrito Federal, implantou o Sistema Cartográfico do Distrito Federal - SICAD, tendo iniciado esses trabalhos em junho/julho de 1975, com o recobrimento aerofotogramétrico nas escalas de 1:40.000 e 1:8.000, destinado ao mapeamento das áreas rurais na escala de 1:10.000 e das áreas urbanas nas escalas de 1:2.000 e 1:1.000, esta por ampliação.

O precursor desses trabalhos de implantação foi, naturalmente, o Projeto SICAD, que norteou todas as diretrizes para as diversas fases do mapeamento, inclusive para a realização do vôo fotogramétrico, embora a sua edição somente tenha ocorrido oficialmente em princípios de 1976.

O objetivo do trabalho que ora vem à lume, é orientar os usuários, principalmente os responsáveis pelos projetos e execução das grandes obras de engenharia, através da presente monografia, que é um apêndice do Projeto do Sistema Cartográfico do Distrito Federal - SICAD.

É uma contribuição aos estudiosos da ciência cartográfica e que muito honra a CODEPLAN, pelo brilhantismo e mérito sobejamente reconhecidos e tributados ao Engenheiro Geógrafo Carlos Eduardo de Miranda Lisboa, Consultor Especial do Projeto SICAD e autor deste trabalho.

5.2 Considerações sobre o Sistema de Coordenadas Plano-Retangulares no Projeto SICAD

Quando, no Projeto SICAD, foi tratado da vinculação do Sistema Cartográfico do Distrito Federal às imposições da Cartografia Brasileira, foram considerados os aspectos, de todo muito próprio do sistema, em decorrência do posicionamento geográfico da área do Distrito Federal em relação aos fusos, que se constituem nos sistemas parciais de projeção, hoje de uso obrigatório em mapeamentos sistemáticos em nosso país.

As folhas relativas às cartas topográficas, que, em suas diferentes escalas, constituem o SICAD, estão distribuídas parte no sistema parcial do fuso de meridiano central de 45° W de longitude e parte - a menor - no sistema parcial de 51° W. O tratamento natural do sistema seria - se não fossem as características sócio-econômicas específicas da área e outras imposições muito peculiares - simplesmente o desenvolver-se o mapeamento dentro dos sistemas parciais correspondentes, isto é, a área a oeste do meridiano de 48° , no sistema parcial do fuso n $^{\circ}$ 22 e a área a leste do referido meridiano, no sistema parcial do fuso n $^{\circ}$ 23 da Carta Internacional ao Milionésimo. Este procedimento, e naquele caso, não poderia ser outro - foi o adotado quando do mapeamento sistemático na escala 1:100.000, executado pelo Serviço Geográfico do Exército.

Se porém os efeitos decorrentes da utilização dos dois sistemas parciais no mapeamento do Distrito Federal, na escala de 1:100.000, como parte de um contexto de dimensões maiores e com finalidades outras que o simples detalhamento micro-regional, são relativamente pequenos, quando se trata, objetivamente, de escalas maiores, incluindo as tipicamente cadastrais, as conseqüências poderiam ser até desastrosas, em se considerando, principalmente, o normal despreparo cartográfico do usuário comum dos produtos finais do sistema, isto é, as cartas topográficas nas suas diferentes escalas e a malha, de pontos de precisão, implantada na área.

A solução simplista - e porque não dizer até egoísta - seria o lançar-se mão de um sistema próprio, desvinculado do Sistema Cartográfico Brasileiro, que atendesse especificamente às necessidades cartográficas do Distrito Federal. Neste caso, utilizar-se-ia, por exemplo, o Sistema de Projeção UTM, considerado como origem das coordenadas o Equador e o Meridiano de 48° W de longitude. Este procedimento, além de desvincular o Sistema da Carta Internacional ao Milionésimo, que impõe como meridianos centrais dos sistemas parciais de projeção os mesmos das folhas de carta na escala de 1:1.000.000, desvincularia o Sistema Cartográfico do Distrito Federal do contexto cartográfico brasileiro, o que seria de todo pouco recomendável.

À luz do quadro apresentado, foi proposta, à CODEPLAN, uma solução intermediária, no sentido de atender diretamente aos interesses do Distrito Federal, sem desvincular o SICAD das prescrições cartográficas brasileiras. Para isto, ficou decidido que todo o mapeamento de áreas do Distrito Federal, contidas no espaço geográfico relativo ao fuso de n° 22, seria também referenciado ao sistema parcial adjacente, cujo meridiano central é o de 45° de longitude. Isto viria significar que o fuso de n° 23 seria estendido ao limite oeste da área a mapear.

Foi por outro lado, comprovado matematicamente que as deformações extremas não chegavam a comprometer a qualidade dos trabalhos. Como complemento, haveria, nas molduras das folhas de carta, relativas às áreas geográficas contidas no fuso de n° 22, referência à quadriculagem relativa ao sistema de meridiano central com 51° W de longitude. A decisão, de somente ser referido o sistema de 51° W na moldura das folhas de carta, foi tomada para evitar a presença de mais de uma quadriculagem referencial nas cartas topográficas o que, além de dar origem a confusões futuras, tornaria mais carregada a representação cartográfica, principalmente, no caso, onde os sistemas seriam inclinados, um em relação a outro, de um valor correspondente

à soma, das convergências meridianas, correspondentes a cada sistema, consideradas em seus valores absolutos.

Até este ponto, já envolve o Sistema Cartográfico do Distrito Federal dois sistemas de coordenadas:

- O primeiro, sistema de coordenadas plano-retangulares, UTM, no fuso de meridiano central de 45° W de longitude, constituindo-se nas coordenadas gerais do SICAD, uma vez que todas as coordenadas dos vértices da malha planimétrica da área estarão apresentadas neste sistema. Os vértices posicionados no fuso de 51° W foram, através de cálculos de transformação, referenciados às origens do sistema parcial de 45° W no meridiano central.

- O segundo, sistema de coordenadas plano-retangulares, UTM, no fuso de meridiano central de 51° W de longitude, constituindo-se no sistema específico de todos os vértices situados a oeste do meridiano de 48° W, meridiano limite dos fusos de 45° W e 51° W.

Evidentemente, os dados cartográficos, oriundos de sistemas de projeção mais complexos como os cilíndrico-secantes - o UTM, no caso - seriam, julgamos, de difícil manipulação principalmente quando, na implantação de projetos de engenharia não cartográfica no terreno, fossem necessários dados muito apurados em precisão. O usuário comum, normalmente, desconhece algumas características importantes dos referidos dados a nível suficiente para este fim. Para contornar o impasse, após ter, minuciosamente, aquilatado das necessidades cartográficas de todas as entidades do Distrito Federal co-participantes do Sistema Cartográfico, a CODEPLAN houve por bem, transformar as coordenadas plano-retangulares UTM - dos vértices, da malha planimétrica do Distrito Federal, situados nas áreas de atuação das diversas entidades envolvidas no Projeto, para um sistema de coordenadas plano-retangulares de características locais.

Nesta transformação foram incluídos, também, pontos secundários, oriundos da densificação da malha básica com fins à obtenção de elementos de

apoio para a determinação dos pontos topográficos, indispensáveis às operações de aerotriangulação e restituição fotogramétricas, destinadas, diretamente, aos mapeamentos projetados.

Haverá, portanto, para determinados vértices da malha planimétrica, três coordenadas plano-retangulares:

- Coordenadas plano-retangulares UTM, fuso de meridiano central de 45°, facilmente reconhecíveis pelo aspecto de suas abcissas, sempre menores que 500.000 metros (E).

- Coordenadas plano-retangulares UTM, fuso do meridiano central de 51°, facilmente reconhecíveis pelo aspecto de suas abcissas, sempre maiores que 500.000 metros (E).

- Coordenadas plano-retangulares locais também facilmente identificáveis pelo aspecto de suas ordenadas e abcissas, oriundas de coordenadas $x=100.000$ m. e $y=100.000$ m, impostas ao vértice Tamanduá, considerado, para fins de cálculo de transformação, como "datum" da malha planimétrica.

O SISTEMA DE POSICIONAMENTO GLOBAL

O rápido desenvolvimento da Geodésia Celeste ou por Satélites permitiu o estabelecimento de uma rede de satélites artificiais que possibilita o posicionamento tridimensional (global, regional ou local) de pontos na superfície terrestre e a navegação terrestre, marítima e aérea.

Assim, diversos Sistemas de Posicionamento Global (Global Position System - GPS) vêm sendo disponibilizados para uso civil: NAVSTAR (Navigation System with Time and Ranging: norte-americano), GLONASS (Global Navigation Satellite System: russo) e GNSS-1/2 (Global Navigation Satellite System: europeu).

O sistema NAVSTAR foi o primeiro a ser desenvolvido e disponibilizado para uso comercial, sendo, atualmente, o mais utilizado mundialmente.

1. Histórico

O Sistema de Posicionamento Global é um sistema de rádio-navegação por satélite que permite o posicionamento tridimensional de pontos em terra, mar ou ar. É baseado na utilização de ondas de rádio emitidas por um conjunto de satélites em órbita ao redor da Terra, que são captadas por rastreadores (receptores) de satélites, os quais funcionam como receptores mudos, ou seja, que não devolvem o sinal recebido.

A utilização de ondas de rádio para o posicionamento de pontos na superfície terrestre teve início já nas primeiras décadas do século XX e os primeiros sistemas de rádio-navegação consistiam de estações de rádio em terra firme. Sistemas como o RDF {(Radio Direction Finding), utilizando uma antena direcional que, ao ser apontada para duas ou mais estações de rádio pré-sintonizadas e de coordenadas conhecidas, forneciam as direções entre a antena

e as estações, permitindo o cálculo de sua posição. Outros sistemas, denominados hiperbólicos, utilizando duas ou mais estações de rádio com coordenadas conhecidas, e baseados no fato de que todos os pontos com diferença constante entre os tempos de chegada dos sinais de rádio das diferentes estações definem uma hipérbole, possibilitavam, pela interseção das diferentes hipérbolas, a determinação da posição do receptor. Nas décadas de quarenta e cinquenta, sistemas hiperbólicos como o LORAN (Low Ranging) e OMEGA foram desenvolvidos, sendo que o LORAN encontra-se ainda ativo e é utilizado na navegação marítima, aérea e terrestre.

Paralelamente, no final da década de quarenta, as ondas de rádio passaram a ser usadas para a medição de distâncias, obtidas por trilateração eletrônica, ou seja, pela medida do comprimento dos lados de triângulos usando os princípios da interferometria doppler (variação na frequência de um sinal constante, resultante da variação em distância e velocidade do sinal com respeito ao observador, devido ao acúmulo das ondas causado pela aproximação ou afastamento da fonte em relação ao observador e vice-versa). A diferença de frequência é determinada pela comparação entre a frequência da onda emitida pela fonte e as frequências de referência geradas pelo observador. Durante a Segunda Guerra Mundial, o sistema HIRAN (High Ranging), baseado no efeito doppler, foi muito utilizado no posicionamento de aviões.

Como lançamento do satélite russo Sputnik (1957) e do satélite, americano Explorer (1958), o processo evoluiu para a trilateração espacial, dando início à Geodésia por Satélite. A determinação dos parâmetros orbitais de satélites artificiais obedece às três Leis de Kepler:

- a órbita dos satélites é elíptica e tem o centro de massa terrestre ocupando um dos focos;
- os satélites percorrem áreas iguais em tempos iguais e

- o período orbital ao quadrado é proporcional ao cubo do semi-eixo maior da elipse orbital e sua razão é proporcional à constante gravitacional universal, ou seja. $T^2 / a^3 \propto GM$).

Desta forma, pode-se determinar os parâmetros orbitais keplerianos (efemérides keplerianas), gerando as coordenadas astronômicas dos satélites, que são transformadas, através de equações de mecânica orbital, em coordenadas cartesianas geocêntricas.

A determinação da posição dos satélites artificiais, com relação a um conjunto de estrelas conhecidas, e da sua distância, com relação a estações em terra, passou a ser mais uma alternativa para a obtenção da posição de pontos sobre a superfície terrestre. Diversos sistemas, baseados em registros fotográficos, em técnicas de radar, na utilização de raios laser e nos princípios do efeito doppler, foram então desenvolvidos.

A partir de meados da década de sessenta, entrou em funcionamento o sistema SECOR (Sequential Collation of Range), desenvolvido por órgãos militares norte-americanos. Os satélites continham um transpondedor ativado por sinais recebidos de pelo menos quatro estações terrestres, que retransmitia os sinais para uma estação mestra que, por sua vez, os modificava e retransmitia para as demais estações, possibilitando assim o cálculo das distâncias entre as estações e o satélite.

O sistema NNSS/TRANSIT (Navy Navigational Satellite System), desenvolvido por órgãos militares norte-americanos ainda durante a década de sessenta e desativado no início da década de noventa, foi o primeiro sistema composto por uma constelação de satélites que emitiam sinais de rádio para estações receptoras terrestres e que media distâncias por interferometria doppler. Foram lançados oito satélites, com órbitas polares elípticas de altitude média de 1.100 km, o que não proporcionava cobertura mundial total e ocasionava um período de tempo considerável entre as passagens dos satélites. Por esses motivos, era necessário que o rastreamento fosse feito durante dois ou três dias

num mesmo ponto para que fosse fornecida a posição com precisão de 3 a 10 metros.

No final da década de sessenta, foi desenvolvido o sistema TIMATION, mais uma vez por órgãos militares norte-americanos, o primeiro a utilizar um relógio a bordo dos satélites e também nas estações receptoras, e, portanto, a considerar no cálculo de distâncias o fator tempo de viagem das ondas de rádio, representando o protótipo da atual tecnologia GPS.

No início da década de setenta, órgãos governamentais norte-americanos buscaram desenvolver um sistema de posicionamento espacial para aplicações militares. Foi aproveitada então a tecnologia de processamento de sinais de ondas de rádio na banda L, desenvolvida pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology), envolvendo o método VLBI (Very Large Baseline Interferometry).

Ao final da década de setenta foi iniciado o lançamento dos satélites do sistema NAVSTAR (Navigational System with Timing And Ranging), baseado na medição de distâncias por interferometria doppler e no tempo de viagem do sinal emitido pelos satélites. De uso restrito aos militares até o início da década de oitenta, devido ao alto custo do projeto e à possibilidade de inúmeras aplicações civis, o sistema foi então aberto para o uso civil, mas ficou sujeito à degradação da precisão imposta pelos militares.

Também no início da década de setenta, a ex-União Soviética começou a desenvolver um sistema de navegação denominado GLONASS (Global Navigation Satellite System), similar ao NAVSTAR, mas que somente após a desunificação, os russos disponibilizaram o sistema para o resto do mundo.

Em meados da década de oitenta, os avanços na microinformática permitiram os processamentos dos dados emitidos pelos satélites nos próprios receptores, contribuindo decisivamente para a popularização do sistema.

Atualmente, já existem no mercado rastreadores que trabalham com os dois sistemas GPS (NAVSTAR e GLONASS), sendo que a União Européia está procurando viabilizar o sistema (GNSS - Global Navigation Satellite System), por questões estratégicas e com vistas a reduzir custos e ampliar o acesso civil.

2. Segmentos

O Sistema NAVSTAR é composto por três segmentos: Espacial, de Controle e de Usuários.

2.1 Segmento Espacial

A primeira constelação de satélites do sistema foi lançada entre o final da década de 70 e meados da de 80, compondo os satélites do Bloco I, de uso restrito aos militares norte-americanos e sem degradação da precisão. A constelação, formada por onze satélites pesando 845 kg e com 5,6 m (painéis solares abertos), foi totalmente desativada em meados da década 90.

Ao final da década de 80 e até meados da de 90, os satélites do Bloco I foram totalmente substituídos pelos vinte e quatro satélites do Bloco II/IIA, que pesam cerca de 1.500 kg. O custo do projeto foi de aproximadamente US\$ 8,5 bilhões e o custo por satélite de US\$ 50 milhões. Estes satélites foram construídos de maneira a permitir o acesso livre aos civis, mas tiveram a degradação da precisão introduzida.

O Bloco II/IIA atualmente permite cobertura mundial proporcionada por uma constelação de vinte e quatro satélites ativos (21 em operação e 3 de reserva) que descrevem órbitas elípticas (quase circulares) com altitude média de 20.200 km e inclinadas 55° em relação ao Equador, em seis planos orbitais defasados de 60° longitudinalmente (A, B, C, D, E e F), cada qual com quatro satélites (Figura 3.3). Seu período orbital (tempo que cada satélite leva para dar uma volta completa) é de 12 horas siderais, o que faz com que cada satélite

apareça em torno de quatro minutos mais cedo a cada dia, sem, entretanto modificar a posição relativa do conjunto de satélites. Desta maneira, em qualquer parte do globo e a qualquer hora do dia, existem pelo menos quatro satélites visíveis com elevação acima de 15° com relação ao horizonte.

A identificação dos satélites pode ser feita pelo número seqüencial de lançamento, número da posição orbital, número de catalogo da NASA, código PRN (Pseudo-Random Noise), que é o mais usado (1 a 32) ou designação internacional.

O lançamento de satélites do Bloco IIR (R - replacement), previsto para ser iniciado a partir de meados da década de noventa, tem como objetivo a substituição dos satélites do Bloco II. O projeto terá metade do custo do anterior, uma vez que os satélites do Bloco IIR serão lançados de três em três pelo ônibus espacial Space Shuttle. Os satélites têm vida útil prevista de dez anos e, com a introdução do MASER (Micro-wave Amplification of Stimulated Emission of Radiation), terão maior precisão do relógio interno e maior penetração dos sinais na vegetação.

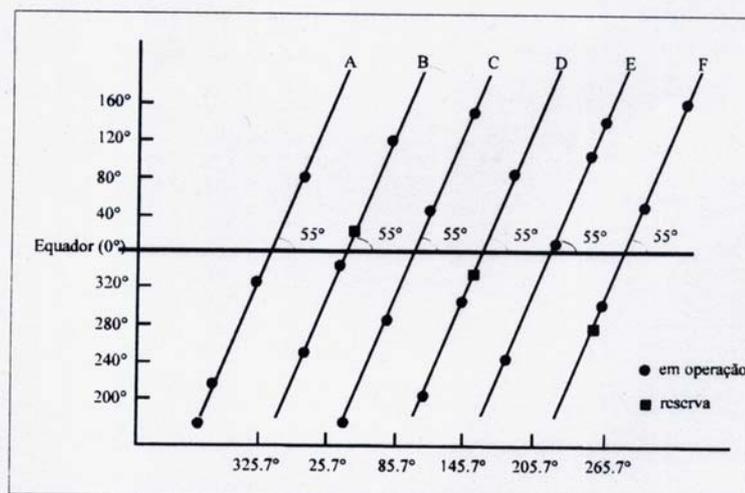


Figura 3.3 - Esquema do Plano Orbital Atual dos Satélites do Bloco II do Sistema NAVSTAR/GPS
(fonte: Seeber, 1993)

2.2 Segmento de Controle

O segmento de controle é representado pelo Sistema de Controle Operacional, responsável pela determinação precisa e predição da órbita de cada satélite, sincronização permanente do tempo de cada relógio, transferência dos dados atualizados de efemérides de cada satélite, controle da degradação do sinal, correção do posicionamento dos satélites e controle do lançamento de novos satélites. O Sistema de Controle Operacional consiste de:

- Estação Mestre De Controle: base Fafcon (USAF, Colorado): monitora os satélites que passam pelos EUA, coleta e processa os dados das estações de monitoramento e de campo e gera as informações transmitidas às estações de monitoramento;

- Estações de Monitoramento (cinco estações: Colorado, Hawaí, Atlântico Sul, Oceano Índico e Pacífico - Figura 3.4): calculam as posições dos satélites a cada 1,5 segundo, modelam os erros de refração atmosférica e calculam as correções, transmitindo-as para os satélites pelo menos uma vez ao dia, e transmitem os dados a cada 15 minutos para a Estação Mestre;

- Estações de Campo: rede de antenas de rastreamento que ajusta o tempo de passagem dos satélites controlando os erros dos relógios e sincronizando-os à marcação de tempo da Estação Mestre.



Figura 3.4

2.3 Segmento de Usuários

O segmento de usuários é composto por usuários, receptores e métodos de posicionamento.

- **USUÁRIOS:** civis, sujeitos à degradação da precisão, ou militares, que controlam a degradação da precisão;

- **RECEPTORES:** todos os tipos de receptores (ou rastreadores) têm um dispositivo de radiofrequência que identifica o sinal emitido pelo satélite e gera o mesmo sinal ao mesmo tempo no receptor. Os receptores podem ser classificados de acordo com algumas características como: tipo de sinal recebido (código e/ou fase da onda portadora, portadora L1 ou portadoras L1 e L2), quantidade e tipo de canais de recepção (um canal para todos os satélites, mais canais para todos os satélites ou um canal para cada satélite).

Outros aspectos também podem variar de acordo com o tipo de receptor: antena (interna ou externa, destacável ou não), microprocessador,

dispositivo de controle (sistema operacional do receptor), dispositivo de armazenamento de dados (coletor de dados, memória interna, alguns com disquete), programas de funções implícitas (rotinas de navegação e rotas, localização de alvos, cálculo de coordenadas futuras, mudança de sistema de projeção, datum, modelagem geoidal, cálculo de declinação magnética), dispositivo de entrada e saída de dados (teclados, tela de cristal líquido, conexão com microcomputadores), fontes de alimentação (uma para o relógio interno e para a memória interna e outra para os demais componentes, pilhas e baterias recarregáveis ou não) e programas de processamento de dados.

3. Modo de Posicionamento

O modo de posicionamento vai depender da utilização de um ou dois receptores na aquisição e processamento das informações, podendo ser:

1. ABSOLUTO (AUTÔNOMO) (PO/AT POSITIONING): utiliza somente um rastreador, fazendo a medição instantânea da distância entre o satélite e a antena do receptor e recebendo os códigos C/A e P ou a própria portadora (LI ou LI/L2).

Como esse foi o modo de posicionamento utilizado, não cabe aqui explicar os demais modos.

4. Acurácia

Diversos fatores podem influenciar a qualidade final das coordenadas obtidas pelo Sistema de Posicionamento Global. Inicialmente, deve-se ressaltar a diferença conceitual entre Precisão (erro associado a qualquer medida que depende do instrumento de medição utilizado) e Acurácia (resultado do ajuste estatístico das medidas efetuadas, independente do erro a elas associado).

5. Aplicações

As aplicações do Sistema de Posicionamento Global são inúmeras, dependendo, essencialmente, do modo de posicionamento utilizado.

5.1 Posicionamento Absoluto

- localização instantânea
- lazer e esportes (pesca, alpinismo, ciclismo, ecoturismo, expedições)
- navegação terrestre, marítima e aérea
- monitoramento de veículos terrestres (carros, caminhões e trens e marítimos)
- correto geométrica de imagens de satélite (resolução de 30 m)
- correto geométrica de aerofotos digitais (geração de ortofotos)
- atualização de estradas (mapas até 1 :50.000)

Obs.: ao concluir o trabalho de campo, obtive resultados surpreendentes com o posicionamento absoluto, o que me levou a sugerir e acrescentar outras aplicações que podem ser encontradas na conclusão do estudo.

O LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO PLANIMÉTRICO

O levantamento topográfico convencional ou clássico é, no sentido mais amplo da palavra, a parte das ciências cartográficas encarregada na confecção de mapas. No levantamento fotogramétrico, a confecção de mapas compete à Fotogrametria, por meio de instrumentos chamados restituidores. A participação da Topografia nos levantamentos fotogramétricos consiste em fornecer o apoio terrestre para a confecção de mapas e que abrange a determinação das coordenadas de um conjunto de pontos para apoio da restituição e a coleta de nomes para ilustrar a carta.

Dentro da própria Topografia, a Agrimensura trata especificamente da medição de terras para a definição de propriedades públicas e privadas. O produto destas medições são os chamados mapas (carta ou planta) cadastrais. É a carta estabelecida nas escalas 1:1000 a 1:10000. Geralmente, com representação apenas da planimetria e destinada ao lançamento racional de impostos, à definição geométrica de propriedades para fins privados, públicos, jurídicos etc.

A carta cadastral quando mantida convenientemente atualizada permite:

- a exata delimitação das propriedades e a segurança da inalterabilidade dos marcos e divisas;
- obter dados estatísticos sobre o aproveitamento da propriedade para todos os fins: moradias, agricultura, pecuária, indústria, etc.;
- a demarcação dos territórios administrativos: perímetro urbano, zona rural, etc.;
- a confecção e a atualização de cartas topográficas;
- a confecção de cartas especiais: hidrológicas, geológicas, fitológicas, pedológicas, etc.

A carta cadastral é geralmente organizada no âmbito municipal e comporta duas modalidades: cadastro urbano e cadastro rural, em geral de especificações técnicas diferentes.

1. O Uso do GPS no Levantamento Topográfico

Hoje, com a popularização do Sistema de Posicionamento Global, o levantamento topográfico, principalmente o planimétrico, utiliza este instrumento orientado por sinais de satélites para a localização de pontos e a produção de representações cartográficas.

O GPS é um instrumento que diminui sensivelmente o ônus do trabalho pois demanda menos tempo e produz informações digitais, ou seja, é mais prático e rápido na introdução dos pontos levantados e na utilização dos mesmos para a confecção de cartas ou mapas.

Além da praticidade do equipamento, ele evita uma série de processos de transporte dos dados de outros equipamentos, principalmente os ópticos, para os *softwares* utilizados na cartografia. Isso acaba evitando um dos erros mais comuns e inerentes aos levantamentos, que é o erro humano.

Apesar do custo de operação do GPS ser relativamente barato, o custo de sua aquisição pode ser, conforme a qualidade e a precisão do modelo, bastante oneroso. Um GPS Diferencial ou Geodésico pode ter um custo de R\$ 25.000,00 (vinte e cinco mil reais) a \$ 100.000,00 (cem mil dólares) dependendo da marca e da precisão que o usuário necessita.

Contudo, há o GPS Absoluto ou Autônomo, mais barato e menos preciso que, conforme citado no capítulo anterior, possui diversas aplicações práticas e até técnicas.

Este será o equipamento utilizado no Levantamento Topográfico Planimétrico deste estudo de demonstração do sistema. As informações a seguir

conterão, passo a passo, os processos de execução do levantamento topográfico com o GPS Absoluto no Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD.

O Levantamento Topográfico será dividido, basicamente, em duas fases: o Trabalho de Campo e o Trabalho de Gabinete. Apesar de possuírem características distintas, são intrinsecamente ligados pela seguinte razão: o sucesso do último depende totalmente do êxito do primeiro. E, também, se o trabalho de gabinete não for bem sucedido, mesmo com um perfeito trabalho de campo, o trabalho final não obterá uma boa qualidade.

2. O Trabalho de Campo

O Trabalho de Campo da Topografia é o trabalho feito *in loco*, ou seja, no próprio local que é objeto do estudo. Para a execução do trabalho de campo deve-se cumprir algumas etapas básicas de preparação. As etapas se configurarão como um planejamento para a ida ao campo. Esse planejamento é essencial para evitar imprevistos como até mesmo, em último caso, o retorno ao gabinete para um novo planejamento.

Basicamente, o planejamento se divide em:

- localização da área;
- escolha do equipamento segundo a precisão necessária para o trabalho;
- configuração do equipamento;
- metodologia a ser utilizada;
- estimativa do período de levantamento.

Após cumprida a preparação pode-se iniciar o trabalho de campo com o levantamento dos pontos a serem coletados.

2.1 O Planejamento

2.1.1 Localização da Área

A área está localizada no Distrito Federal, na Região Administrativa IX – Ceilândia, no Núcleo Rural Alexandre Gusmão, sentido N – SO da DF-180, 1,5 km do trevo que encontra a BR-070.

A área, com nome de Chácara das Azaléias, está localizada, à esquerda, cerca de 1 km da rodovia DF-180, por uma estrada não pavimentada que é servidora do núcleo rural.

No total, a chácara é dividida em seis subáreas, sendo que algumas se destacam, assim não formando um único bloco.

A área, está geograficamente localizada a oeste do meridiano de 48° W, ou seja, pertence, segundo a cartografia sistemática, ao fuso 22 ou ao meridiano central de 51° W de longitude.

2.1.2 Equipamento

O equipamento que será utilizado é um GPS Absoluto eTREX, da marca GARMIN, com doze canais de recepção. Sua acurácia, segundo o fabricante, é de 15 metros quando há problemas graves inerentes ao sistema. Quando os fatores influentes, como a posição da constelação de satélites entre outros, estão favoráveis a um bom funcionamento, a acurácia pode chegar até a 1 metro da coordenada real do ponto a ser locado. Normalmente, a acurácia do equipamento atinge uma média de 2 a 3 metros da coordenada real, apesar do equipamento nunca apresentar medidas menores do que 6 metros em sua tela quando está operando.

2.1.3 Configuração do Equipamento

A configuração do equipamento servirá desde a escolha do melhor *layout* de visualização para o usuário até a escolha de itens que serão decisivos para o correto funcionamento do aparelho. Estes últimos, são chamados de “itens críticos” e afetam o resultado da operação podendo levar o usuário a cometer erros grosseiros. Alguns manuais chamam-na de “Critical Setup”. Esta configuração afeta o modo como a posição está sendo calculada.

No GPS eTREX da GARMIN, para poder-se trabalhar no SICAD, tem-se que criar um sistema de unidades e localização dentro do próprio aparelho. Abaixo estarão os itens críticos a serem configurados:

- Norte de referência Magnético, Verdadeiro ou de Quadrícula (M/Mg, T,G) ou *REF NORTE*: permite ajustar o ângulo azimutal à declinação magnética referente ao local da posição. Alguns receptores permitem o usuário definir este ângulo de declinação, embora internamente, possuam uma tabela com estas declinações pré-gravadas de fábrica. No eTREX, pode-se, escolher-se a opção “GRELHA”, que traduz o Norte de Quadrícula que o operador irá inserir e a *VARIAÇÃO* é $001^{\circ}E$.

- Padrão de Coordenadas ou *FRMT POSIÇÃO*: nesta opção pode-se escolher entre coordenadas geográficas (Latitude e Longitude) ou coordenadas UTM (E e N). No GARMIN, a opção é a *Grelha Utilizad*. Neste

item o usuário configura a origem do sistema UTM da mesma forma como ocorre no SICAD. São quatro os itens utilitários:

a) *ORIGEM LONGITUDE*: como descrito no projeto SICAD o sistema tem origem no meridiano de 45° a oeste. No campo deve-se colocar da seguinte forma: *W045°00.000'*.

b) *ESCALA*: conhecido como coeficiente de redução de escala do fuso. No Sistema UTM é igual a *0,9996*.

c) *FALSO E*: é a coordenada exata em que se localiza a origem do sistema, ou seja, no meridiano central. Coloca-se *500000.0*.

d) *FALSO N*: é a origem do Sistema UTM no Hemisfério Sul. A origem é a linha do Equador. Coloca-se *10000000*.

- *Datum* ou *DADOS DO MAPA*: deve-se optar entre os diversos datums existentes na memória, de acordo com o padrão da carta escolhida. Em alguns receptores é possível criar um datum do usuário, fornecendo os parâmetros de transformação de WGS-84 para o datum escolhido. No Distrito Federal utiliza-se o Astro Chuá ou *CHUÀ ASTRO*.

- *UNIDADES* ou Unidades de medida: deve-se optar pelo MÉTRICO, porque o Sistema UTM trabalha em metros em todos os parâmetros (coordenadas, velocidade, distância, altitude, etc.).

Aconselha-se ao usuário que ele escolha como modo de sistema o *POUPAR BATER* para poupar bateria, principalmente se o trabalho for muito longo.

2.1.4 Metodologia

Para a medição das glebas o aparelho será colocado em posição estática por cerca de 5 minutos em cada canto de gleba ou deflexão da cerca que a circunda para a melhor fixação das coordenadas pelo GPS. O equipamento, assim, poderá obter uma melhor acurácia de cada ponto do perímetro.

Para as ruas não pavimentadas o GPS será fixado de 100 em 100 metros e em toda deflexão da mesma apenas no centro da via. Depois, com a trena, mede-se a largura média da via e, já no gabinete, faz-se uma paralela da metade da largura da via em direção a cada margem da mesma. Obtêm-se com isso uma representação eficiente das vias não pavimentadas.

Os corpos hídricos serão contornados às suas margens, muito próximo de seus talvegues, obtendo uma figura similar aos córregos presentes nas áreas sem, no entanto, inserir um grande erro no seu posicionamento e no cálculo das áreas das glebas.

2.1.5 Estimativa do Período de Levantamento

O período de levantamento deve ser calculado segundo a disponibilidade do aparelho, o tamanho da área a ser levantada, o número de rios e córregos que fazem parte do perímetro das glebas, à existência de fronteiras definidas (córregos, cercas, estradas, lavouras, etc.), à dificuldade de acesso e locomoção no terreno, e outros aspectos inerentes à atividade.

3. O Levantamento dos Pontos

O trabalho foi iniciado em 16 de setembro de 2001. A primeira área a ser levantada foi a da sede principal. Esta área é subdividida em três: a da própria sede, a do pomar e a da lavoura de cana. Esta área foi denominada “A”.

No mesmo dia também foi levantada a área maior, a que contém pasto formado e foi chamada de “B”.

No dia 23 de setembro, a área levantada foi a “C”, que pode ser considerada um anexo da área “B” mas não possui a mesma característica pois contém uma lavoura de cana-de-açúcar e não pasto formado. Também foi levantada a área “E”, uma área regada de ravinas que possui declividade superior a 45° e que, por isso, segundo o Código Florestal é uma Área de Preservação Permanente. A pista de acesso foi levantada no período da manhã, logo na chegada à área, utilizando-se o próprio carro para se locomover por ela.

A área “D” foi levantada no dia 07 de outubro. Seu perímetro é constituído de uma cerca e de um córrego temporário junto a uma formação rochosa.

Por fim, no dia 30 de outubro, a área “F”, composta de bananais nas áreas planas, e por fazer parte da continuidade da área “E”, é cercada de matas densas, nascentes, ravinas, solos férteis em um terreno acidentado, foi levantada.

Á área levou 4 dias para ser totalmente levantada. Todos os córregos e cercas pertencentes ao perímetro, todas as vias de acesso às seis sub-áreas e a caracterização de cada área segundo sua utilização foi concretizada nesse período.

4. Trabalho de Gabinete

Depois do trabalho de campo, com todos os dados coletados e mapeados da área, tem início o trabalho de gabinete. O trabalho de gabinete consiste em:

- transferir os dados do GPS para o software de descarregamento de dados;
- transferência de dados do software do GPS para o software CAD; desenho preliminar das áreas;
- desenhar a planta geral, desenhar as plantas individuais e confeccionar os memoriais descritivos;
- obter o resultado com o levantamento topográfico, confrontar os dados com os documentos cartográficos da CODEPLAN e concluir sobre as possíveis aplicações do resultado e do método.

Em cada fase são agregadas mais informações ao trabalho para enriquecimento e sistematização do mesmo.

4.1 Uso do Software *MapSource* para Descarregar os Pontos do GPS

A GARMIN, empresa que produz uma série de modelos de GPS, desenvolveu um software para trabalhar com os dados colhidos nos rastreadores. Esse software é denominado *MapSource*.

Ao chegar do campo, o usuário do GPS deverá conectar seu equipamento em um cabo que o liga ao microcomputador. Depois de conectá-lo, o usuário entra no MapSource e pede para baixar os pontos para o programa. É importante ressaltar que o programa tem que ser configurado em seus itens críticos da mesma forma que o GPS foi configurado para assim, evitar que os pontos descarregados sofram alterações em suas coordenadas.

Após baixar os pontos o usuário deve salvar o arquivo. Essa é uma medida prática caso o usuário queira acessar novamente as informações da área.

Por fim, no menu arquivo, existe a opção “exportar...”. Clique na opção e exporte o arquivo dos pontos no formato DXF. Essa operação é para a transformação dos dados do GPS para o formato CAD (Computer Aided Design).

4.2 O Uso do Software MicroStation SE para Desenhar as Áreas

Ao iniciar o software, o primeiro passo é importar os dados que estão no formato DXF. Após importá-los o usuário terá os pontos plotados no sistema com as coordenadas corretas e a numeração que já veio predeterminada do campo.

Após tê-los inseridos no sistema, faz-se um desenho preliminar com a simples ligação dos pontos para visualizar os contornos da área. Após a visualização tem-se início a confecção da planta geral, das plantas individuais e dos memoriais descritivos (documentos de texto).

No ANEXO 1, encontram-se as plantas individuais, os memoriais descritivos e a planta geral da área que foi objeto do levantamento – a Chácara das Azaléias.

Observação: As plantas individuais e os memoriais descritivos foram baseados no modelo que o INCRA – Instituto de Colonização e Reforma Agrária utiliza para seus projetos de assentamento. A planta geral foi baseada no modelo exigido pelos órgãos competentes, como o CREA, para uma planta cadastral.

5. Resultados e Confrontações

Após a definição dos elementos geográficos e seu correto posicionamento, baseado nas cartas digitalizadas na escala de 1:10.000 da CODEPLAN, os resultados podem ser analisados. No MicroStation, o desenho da área pode ser sobreposto a carta da CODEPLAN. Esta carta é o produto do aerolevanteamento e da restituição fotogramétrica dos vôos executados em 1991. Portanto, apesar de possuir erros inerentes a todo o processo de transposição da foto até a carta, o documento da CODEPLAN ainda possui confiabilidade em termos de precisão para a localização de elementos geográficos.

Então, confrontando as duas representações (o que pode ser visualizado no ANEXO 2) pode-se, reparar que, tanto a hidrografia quanto as cercas limítrofes das glebas possuem uma semelhança de formas e de direção entre as linhas, o que leva a crer na eficiência do GPS Absoluto.

As distâncias entre os pontos coincidentes das cartas variaram entre 0 a 15 metros. Nas ruas não pavimentadas ocorre o mesmo caso e nos córregos percebe-se um deslocamento de poucos metros. É interessante enfatizar que, em alguns locais dos córregos a mata pode impedir a visualização perfeita da direção e feição do córrego, o que leva a crer que nesses casos os dados do levantamento são mais fiéis à verdadeira forma que o córrego apresenta.

Com isso, pode-se imaginar que o desenvolvimento da tecnologia para o GPS Absoluto pode trazer novas perspectivas para a Cartografia e a Topografia, já que cada vez mais o equipamento tem apresentado soluções para problemas anteriormente só resolvidos com instrumentos ópticos e métricos, de difícil manuseio e operação.

CONCLUSÃO

Quando inicia-se um trabalho voltado para o mapeamento de uma área, as primeiras providências serão o conhecimento da localização grosseira da área e qual é o sistema cartográfico em que ela está inserida. Quando escolhi a Chácara das Azaléias para objeto do meu estudo, eu já sabia que enfrentaria dificuldades para trabalhar no SICAD, pois já tinha idéia de que o sistema possuía particularidades.

Entretanto, após a leitura do Projeto SICAD, obtive um esclarecimento considerável para notar que seria possível trabalhar no sistema com o GPS Absoluto e configurá-lo de forma eficiente e precisa. Para isso seriam necessários maiores conhecimentos sobre o sistema, sobre as possibilidades do GPS Absoluto e sobre como ele se comportaria no SICAD.

Hoje, o GPS Absoluto é um instrumento amador que é utilizado para atividades de lazer como a pesca, o ciclismo e em ralis. Contudo, apesar do leigo conseguir, através do manual do usuário do equipamento, utilizá-lo para seus interesses, ele não obtêm do aparelho todo o seu potencial de uso pois não sabe configurá-lo e não detém conhecimento de métodos eficientes para obter maiores precisões no resultado de seu produto.

Baseado nessa realidade, para o usuário profissional do GPS Absoluto no SICAD ou em qualquer outro sistema, é de extrema importância o conhecimento do funcionamento do sistema local para a compreensão do erros e êxitos nos resultados obtidos e, assim, poder buscar novas formas mais eficientes de mapeamento com o equipamento. Também é significativo que se entenda o funcionamento do GPS para melhor operá-lo conforme as condições de trabalho apresentadas.

No levantamento planimétrico de uma área, o conhecimento técnico é fundamental para a execução de um trabalho profissional qualificado e embasado, sabendo-se sempre quais as possibilidades de erros e acertos.

BIBLIOGRAFIA

- BERALDO, Primo e SOARES, Sérgio Monteiro. **GPS – Introdução e Aplicações Práticas**. Criciúma – SC, 1995. 150 p.
- CHAGAS, Arlos Braga. **Manual do Agrimensor**. Ministério da Reforma e do Desenvolvimento Agrário- Secretaria Geral Coordenadoria de Cartografia. Brasília, 1988.
- CODEPLAN. **Projeto do Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD**. Brasília, 1976. 213p.
- CODEPLAN. **Considerações sobre os Sistemas de Coordenadas Plano- Retangulares no Projeto do Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD**. Brasília, 1977. 32 p.
- BRASIL, República Federativa do. **Código Florestal**- Lei 4771/65. 15 de Setembro de 1965-Alterada pela Lei N°7803/89-Julho de 1989.
- FORTES, Paulo de Tarso Ferro de Oliveira. Apostila - **Noções de Geodésia, Cartografia e Sistema de Posicionamento Global**. Universidade de Brasília - Instituto de Geociências. 76 p.
- GARMIN CORPORATION (2000). eTREX Personal Navigator – **Owner’s Manual**. Garmin, 2000.

ANEXO 1

Planta 01

Mem. 01

Planta 02

Mem. 02.1

Mem. 02.2

Planta 03

Mem. 03

Planta 04

Mem. 04.1

Mem. 04.2

Planta 05

Mem. 05.1

Mem. 05.2

Planta 06

Mem. 06.1

Mem. 06.2

P1. Geral

ANEXO 2

Planta

Codeplan