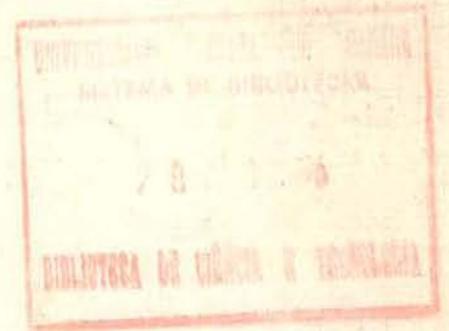
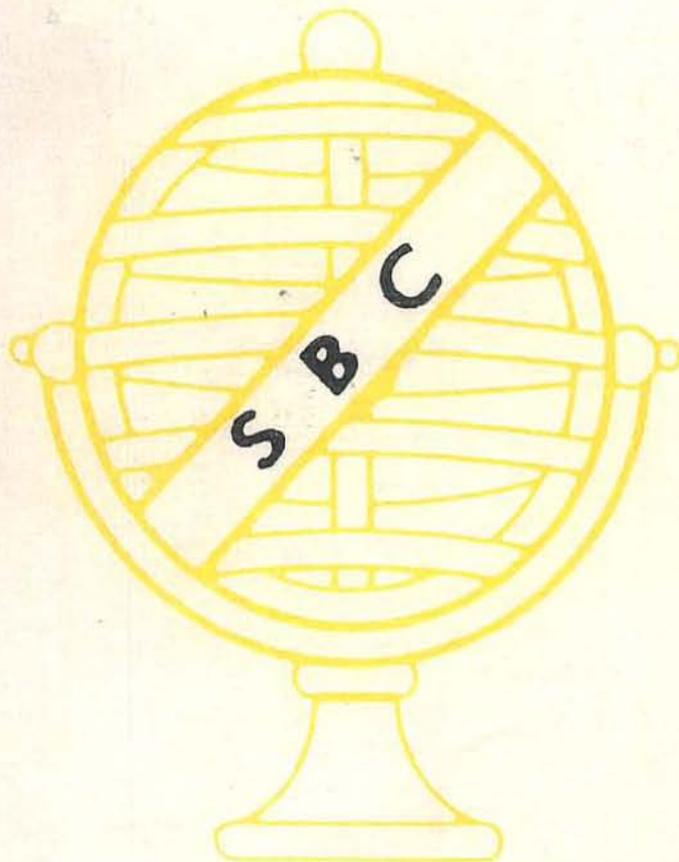


ISSN 0560-4613



REVISTA BRASILEIRA DE CARTOGRAFIA

EDITADA PELA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARTOGRAFIA,
GEODÉSIA, FOTOGRAMETRIA E SENSORIAMENTO REMOTO



NÚMERO 46 OUTUBRO 1995

EDITORIAL

A presente edição da RBC, de forma idêntica à anterior, intercala artigos recentemente recebidos e aprovados para publicação pelo Conselho Editorial da RBC com artigos recebidos da administração anterior da SBC, aprovados na época para publicação mas efetivamente não publicados - vivia-se então uma fase de eclipse da RBC. Nesta edição, contudo, zeramos os contadores e encerramos o resgate das antigas dívidas. Esperamos receber, doravante, para exame e publicação, artigos cujos formatos sigam as instruções para os autores, apresentadas neste número.

Esperamos, ainda, com muita esperança, tornar crescentemente a RBC uma referência obrigatória para os profissionais que se valem de Cartografia e ciências afins, no Brasil, quer pela qualidade dos artigos aqui apresentados, quer pela contribuição prestada ao crescimento profissional e cultural dessas pessoas. O Conselho Editorial da RBC foi montado com essa expectativa em vista e tem trabalhado neste sentido, buscando - e conseguindo - a colaboração de profissionais de reconhecido valor e que muito têm a dizer sobre Geodésia, Cartografia e ciências correlatas e promovendo uma intensa troca de idéias, tendo como pano de fundo os artigos apresentados para exame e publicação. Muito a propósito, cremos ser oportuno esclarecer que a RBC não foi concebida apenas como veículo para nomes conhecidos e reconhecidos: contamos com a colaboração de autores de menor nomeada e esses poderão contar com enriquecedoras sugestões e colaborações dos membros do Conselho Editorial. Em nenhum momento passou-nos pela cabeça as idéias de julgamento de valor e de exclusão: pelo contrário, a intenção é crescer com a ajuda dos nossos maiores, aprender com eles e passar a lição adiante, se possível enriquecida. Para isto serve uma sociedade técnico-científica, para que cresçamos com ela.

Pelo Editor-Chefe

DIRETORIA DA SBC - BIÊNIO 93/95

Presidente

Engº Fernando de Araujo Coutinho Amadeo

Vice-Presidente para Assuntos Técnico-Científicos

Roberto Andrade Fernandes

Vice-Presidente para Assuntos Internacionais

Ana Maria Coutinho

Vice-Presidente para Assuntos Regionais e Estaduais

Cel Engº Alfredo Sebastião Seixas

Vice-Presidente de Administração e Finanças

Ten Cel Engº Nei Erling

Secretário-Geral

Cel Engº Jacaono Batista de Lima

Diretores Regionais

Centro Oeste: Profª Magnólia de Lima

Nordeste: Profº Francisco Jaime Bezerra Mendonça

Norte: Engº Luiz Carlos Pereira da Silva

Sudeste: Profº David Márcio Santos Rodrigues

Sul: Engº Sérgio Gilberto Bottini

Coordenadores dos Núcleos Estaduais

Bahia: Arqtª Cristina Xavier Ferreira

Goiás: Engª Márcia Cristina Souza Matos Carneiro

São Paulo: Engº Verner Riebold

Santa Catarina: Dr. Carlos Loch

Conselho Deliberativo

Engenheiros Angelo José Pavan, Antonio José Ferreira Machado e Silva, Leonel Fermin Navas Zamora, Mário Barradas Machado, Raimundo Orler Nunes, Profº Leonardo Castro de Oliveira, CF Engº Paulo Teixeira de Castro, Cel Engº Ney da Fonseca e Cel Engº Amauri Ribeiro Destri (titulares); Engº Herbert Erwes, CMG Engº Silvino Olegário de Carvalho Neto e Geólogo Célio Lima de Macedo (suplentes).

Conselho Fiscal

Engenheiros Hanns Juergen Carl Von Studnitz, Luis Henrique Castiglione e Paulo Roberto Martins Serra (titulares); Engenheiros Angela de Fátima Marquez, Eliane Ramiro dos Santos e Walter Vieira de Souza (suplentes).

Comissões Técnicas

I - Sensoriamento Remoto

Cel Eng^o Luiz Antonio de Andrade

II - Astronomia, Geodésia e Topografia

Eng^o Roberto Teixeira Luz

III - Hidrografia

CMG Hidrógrafo Agnaldo Xavier Furtado

IV - Fotogrametria

Cel Eng^o Amauri Ribeiro Destri

V - Fotointerpretação e Interpretação de Imagens

Major Eng^o Carlos Alberto Gonçalves de Araújo

VI - Cartografia Topográfica, Temática e Especial

Prof^a Dulce Machado Bueno

VII - Ensino e Formação Profissional

Prof^o Célsio de Oliveira Moreira

VIII - Sistemas de Informações Geoambientais

Cel Eng^o Paulo Márcio Leal de Menezes

ÍNDICE

Editorial	i
Diretoria da SBC - Biênio 93/95	ii
Índice	iv
Corpo Editorial da RBC	v
A Evolução da Geodésia	
Camil Gemael	1
Vôo Apoiado	
José Bittencourt de Andrade e outros	9
Utilização da Estatística Multivariada na análise de Dados	
Obtidos pela Imagem de Satélite	
Fernando L.R. Santil e outros	14
Carta Gravimétrica da Cidade do Rio de Janeiro	
Iris Pereira Escobar e outros	27
Programas de Cálculo Geodésico Transformações	
de Coordenadas	
Genaro Araujo da Rocha	35
Perspectiva do GPS Cinemático para Aerotriangulação	
Fritz Ackermann, traduzido por P.M. Fagundes	54
Sensoriamento Remoto Aplicado à Rede de Drenagem	
na Discriminação de Solos com Horizonte B Latossólito	
e B Textural	
Fernando L.P. Santil e Wolmar Aparecida Carvalho	81
Orbit Improvement and Generation of Ephemerides for	
the Global Positioning System Satellites: A Summary	
Marcelo C. Santos e outros	95
Cartas Náuticas para Esporte e Recreio do Litoral Brasileiro.....	
Eliana Lira e Fernando Amadeo	100
A Língua Portuguesa e os Trabalhos Científicos	
Paulo Cesar Rodrigues Borges	105
Instruções aos Autores - Revista Brasileira de Cartografia	
Sociedade Brasileira de Cartografia	120

CORPO EDITORIAL DA REVISTA BRASILEIRA DE CARTOGRAFIA

- Dr. Alberto dos Santos Franco
- Dr. Antonio Maria Garcia Tommaselli
- Dr. Camil Gemael (Editor Chefe)
- Dr. Carlos Loch
- Dr. Gunter Seeber
- Dr. Hans Peter Bahr
- Dr. Iris Pereira Escobar
- Dr. Karl-Rudolf Koch
- Dr. Luiz Muniz Barreto
- Dr. Manfred Bonatz
- Dr. Milton de Azevedo Campos
- Dr. Nelsi Côgo de Sá
- Dr. Ptr Vanicek
- Dr. Tarcisio Ferreira Silva
- Dr. Vidal Ashkenazi

A EVOLUÇÃO DA GEODÉSIA

Prof^o Camil Gemael

1 - INTRODUÇÃO

Estação: Com. Robert

Coordenadas aproximadas:

$\varphi = 48^{\circ} 41' N$

$\lambda = 2^{\circ} 39' L$

Região: poucos quilômetros ao norte de Paris.

Equipamento: câmaras balísticas

Instituição: Institut Géographique National St. Mandé, Paris

Satélite: ECHO II

Objetivo: triangulação celeste fotografando o Echo II contra o céu estrelado

Estávamos então, abril de 1968, fazendo Geodésia de "ponta", revolucionária, substituindo os sinais luminosos de "VAISALA", por satélites artificiais. Primeiros e bem sucedidos passos da nascente Geodésia Espacial.

Decorreram duas décadas e meia; apenas 27 anos de uma ciência que tem suas raízes em ERATÓSTENES, dois séculos antes da era Cristã! E o que aconteceu neste curto intervalo de tempo?

As câmaras balísticas são agora peças de museu; foram substituídas pelo posicionamento via rastreio DOPPLER de satélites passivos; técnica que se espalhou por todos os quadrantes com velocidade e sucesso incríveis. E com a mesma velocidade se tornou obsoleta, já substituída pelo GPS que hoje reina absoluto, responsável pela maior revolução em navegação e posicionamento geodésico!

E nessa marcha é provável que na virada do milênio tenhamos outra vez novidades... (a menos que você acredite que a Ciência vai estacionar...)

Como será a Geodésia do século XXI, já tão próximo ?

Como não temos bola de cristal, e é temerário arriscar previsões face a rapidez com que avança a tecnologia de nossos dias, nos propomos a fazer o contrário: remontar às origens e acompanhar a evolução da Geodésia através dos tempos; dos filósofos gregos aos satélites artificiais.

2 - FORMA DA TERRA

O problema da forma e das dimensões da Terra é milenar; lógico, por definição, também o é a Geodésia.

Costumamos considerar a evolução da Geodésia em duas etapas principais:

a) Pré-história

De ERATÓSTENES (século II AC) às expedições francesas (1870)

b) História

1º período: das expedições francesas a 1900.

2º período: no presente século até o lançamento do 1º Sputnik.

3º período: o que estamos vivendo.

3 - PRÉ-HISTÓRIA

As primeiras especulações sobre a forma da Terra, evidentemente revestidas de roupagens místicas, devem remontar aos primórdios da civilização, talvez aos primeiros seres inteligentes que ousaram levantar os olhos e o pensamento para o universo no qual estamos mergulhados procurando, em sua inata curiosidade, correlacionar o nosso planeta com os demais corpos celestes.

Ignoramos a que época remontam as primeiras idéias sobre a esfericidade terrestre. Sabemos, contudo, que há dois

milênios e meio PITÁGORAS se recusava a aceitar a concepção simplista de uma Terra plana; enquanto SÓCRATES, segundo revela PLATÃO em seus "Diálogos", esposava as mesmas idéias não obstante a sua incapacidade em prová-las [24].

No século IV AC, entretanto, a teoria da esfericidade ganharia força com os argumentos colhidos por ARISTÓTELES, notáveis para sua época: 1) o contorno circular da sombra projetada pela Terra nos eclipses da Lua; 2) a variação do aspecto do céu estrelado com a latitude; 3) a diferença de horário na observação de um mesmo eclipse para observadores situados em meridianos afastados.

Mas a grande proeza estava reservada a ERATÓSTENES que através de operações rústicas e até curiosas, mas de fundo astronômico-geodésico, **determinou o raio da Terra** dois séculos antes do nascimento de Cristo [03], [04], [07].

Um século mais tarde, em Rodas, POSIDÔNIO determinou também o raio terrestre por um método similar ao de ERATÓSTENES, aplicado, não ao sol, mas à estrela Canopus (θ Carinae) [07].

Ptolomeu [07], [25], já no século II de nossa era, no seu **sistema geocêntrico**, afirmava a esfericidade (e a imobilidade) da Terra.

E não há mais registros, até que no final do primeiro milênio os árabes (única luz a brilhar nas trevas da Idade Média) realizaram na planície de Sindjar, na Mesopotâmia, medidas conducentes ao comprimento do arco de meridiano e, assim, ao valor do raio terrestre.

E finalmente, após decorridos mais 700 anos (!), SNELIUS, na Holanda e PICARD, na França, usaram uma cadeia de triangulação para calcular o raio do planeta suposto esférico.

COPÉRNICO, esfacelando as esferas do sistema geocêntrico destruiu duplamente o mito da imobilidade da Terra, conferindo-lhe um movimento roto-translatório. Talvez o genial polonês compreendesse estar lançando as bases da Astronomia Moderna, mas certamente ignorava as conseqüências de suas idéias no desenvolvimento da Geodésia. Com efeito, as especulações teóricas de NEWTON não toleravam harmonização entre o movimento de rotação e a forma perfeitamente esférica do planeta; ao contrário, postulavam, como conseqüência da força centrífuga, um eixo polar mais curto, abrindo caminho para a **era elipsoidal**. Aliás NEWTON, em abono de suas conclusões teóricas, aludia às observações pendulares de RICHTER (em Paris e em Caiena, 1672), de HALLEY, HAYES e outros, revelando todas o **aumento do período com a diminuição da latitude** [23].

Em 1718 surgiu o trabalho de CASSINI, "De la grandeur et de la figure de la terre", que tanta celeuma despertou na Europa. CASSINI, prosseguindo na triangulação iniciada por PICARD, acabou concluindo que o comprimento de um arco de meridiano de um grau decresce quando a latitude aumenta, resultando um eixo polar maior que o diâmetro equatorial.

Tais resultados, em franca contradição com as conclusões newtonianas, deram origem à tão conhecida e então acirrada polêmica entre as duas facções que se formaram na Europa: adeptos de uma Terra achatada (NEWTON) e adeptos de uma Terra "alongada" (CASSINI).

Não cremos estar infringindo a verdade ao afirmar que tal controvérsia, pelas conseqüências que determinou, demarca o início da moderna Geodésia. Com efeito, para dirimir tal dúvida a Academia de Ciências de Paris decidiu patrocinar a medida de um arco de meridiano de um grau próximo ao equador (BOUGUER, GODIN, LA CONDAMINE) e de outro junto ao círculo polar ártico

(LEMONIER, CAMUS, CLAIRAUT). Resultado: arco equatorial 110.614m; arco polar 111.949m, com a conseqüente vitória das idéias newtonianas de uma Terra achatada [07].

5 - GEODÉSIA MODERNA : 1º PERÍODO

Com a adoção do modelo elipsoidal tem início a Geodésia Moderna; em outras palavras, nos dois séculos e meio que se seguiram às "aventuras" de CLAIRAUT e BOUGUER, a Geodésia se erigiu, paulatina mas definitivamente, em uma ciência independente.

O primeiro período caracterizou-se por um desenvolvimento lento mas contínuo da Geodésia com as triangulações espalhando-se por todos os continentes. A tônica da grande maioria das pesquisas: dimensões do "melhor" elipsóide.

O postulado newtoniano do achatamento terrestre foi demonstrado sucessivamente por HUYGENS (1690), MACLAURIN (1742) e CLAIRAUT (1743). Aliás o trabalho de CLAIRAUT, considerado uma autêntica obra prima, estendeu as demonstrações anteriores ao caso de uma elipsóide não homogêneo.

LAPLACE, LEGENDRE, LIAPOUNOFF, POINCARÉ, DARWIN, HAMY, VERONET ligaram seus nomes às especulações teóricas sobre a forma de equilíbrio de uma massa fluida isolada no espaço e submetida à ação da gravidade. JACOBI demonstrou que o elipsóide escaleno também é figura de equilíbrio.

O Método dos Mínimos Quadrados, desenvolvido independentemente por GAUSS e LEGENDRE no início do século XIX, passou a se constituir na mais importante ferramenta matemática da Geodésia.

Gradativamente as triangulações foram se estendendo por todos os continentes; o constante aperfeiçoamento dos teodolitos e dos basímetros, estes evoluindo das régua

bimetálicas rígidas para os fios de invar, aliado a métodos de cálculo cada vez mais eficientes, possibilitaram a determinação dos parâmetros elipsoidais com precisão sempre crescente.

Nos meados do século passado discussões em torno do desvio da vertical em vértices da triangulação inglesa na Índia, próximos ao Himalaia, conduziram às teorias isostáticas de PRATT e de AYRY [09], [20], [21].

Mas até o fim do século XIX predominaram os trabalhos de natureza astro-geodésica, característicos da Geodésia Geométrica, a medida de arcos de meridiano se constituindo no ingrediente fundamental das pesquisas.

6 - 2º PERÍODO

A primeira metade do presente século caracterizou-se, principalmente, pelo desenvolvimento da Geodésia Física, pela maior ênfase na determinação do geóide e, no após guerra, pela introdução dos distanciômetros eletrônicos, terrestres e aerotransportados. Paralelamente a Geodésia ampliou os seus objetivos passando a empenhar-se na determinação dos parâmetros definidores do campo da gravidade. Finalmente o 2º período culminou com as idéias revolucionárias de MOLODENSKI resolvendo o principal problema de contorno da Geodésia Física.

A fórmula de STOKES [31] para a determinação gravimétrica das ondulações do geóide, deduzida em 1849, por exigir o conhecimento do campo da gravidade na total superfície terrestre oferecia um interesse puramente teórico. Mas o extraordinário aperfeiçoamento sofrido pelos gravímetros, possibilitando a medida relativa da gravidade com grande rapidez e a invenção do dispositivo tripendular de VENING-MEINEZ [34] que abriu os oceanos às determinações gravimétricas, imprimiram à Geodésia Física um vigoroso impulso.

Sucederam-se os trabalhos pioneiros de HIRVONEN [11] e TANNI [32] que culminaram com o geóide de Columbus, calculado por HEISKAEN [10] (coincidentemente finlandês como os dois anteriores).

Na Rússia ZHONGOLOVICH procurou compensar a insuficiência e má distribuição geográfica dos levantamentos gravimétricos desenvolvendo as anomalias da gravidade em série de harmônicos esféricos, prática hoje bastante utilizada.

Também as fórmulas de VENING-MEINESZ, que derivam da de STOKES, para a obtenção gravimétrica das componentes principais do desvio da vertical, passaram a ser bastante utilizadas.

Ainda na Rússia MOLODENSKI e KRASSOWSKI [16] desenvolveram a interessante técnica do nivelamento astronômico-gravimétrico para a determinação do desvio da vertical, com o que o método astro-geodésico e o gravimétrico deixaram de ser competitivos para se tornarem complementares (origem dos métodos combinados, hoje tão em voga).

Caberia ainda a MOLODENSKI a proeza mais significativa desse 2º período em termos de Geodésia Física: erigiu uma nova teoria gravimétrica que dispensa, ao contrário da clássica, as precárias "aproximações" que são feitas sobre a densidade do material que compõe a crosta terrestre. Abandonando o geóide (!), substituído pelo quase geóide e pelo teluróide, MOLODENSKI resolveu, após não simples trabalho matemático, o principal problema de contorno da Geodésia Física: a determinação gravimétrica direta da superfície física da Terra. [19].

Mas os progressos registrados no 2º período não se limitaram à Geodésia Física; também a Geodésia Geométrica foi beneficiada. Ao término da 2ª Guerra Mundial o interesse pela aplicação de certas "armas secretas" como, p.ex., o equipamento eletrônico utilizado nos "bombardeios cegos",

conduziu aos distanciômetros eletrônicos de imediato emprego em navegação, e que rapidamente evoluíram para técnicas mais sofisticadas de levantamentos terrestres. Foi o caso do SHORAN, do HIRAN e do SHIRAN, que utilizando distanciômetros aerotransportados para medida de grandes distâncias terrestres introduziram em Geodésia uma nova técnica: **trilateração** de lados longos, possibilitando, inclusive, as primeiras conexões de sistemas geodésicos. [00], [26], [27].

O aparecimento dos distanciômetros portáteis utilizando microondas, luz ordinária, infravermelho ou laser, revolucionou o secular problema da **medida da base geodésica** e tornou comum a **poligonação geodésica de precisão**; esta teve conseqüências imediatas no problema da densificação do apoio visando o mapeamento sistemático, assunto de palpitante interesse para o nosso país, face à extensão das regiões não cartografadas.

Finalmente a década 50-60, a última deste período, registrou dois eventos espetaculares que iriam proporcionar à Geodésia de nossos dias dimensões jamais sonhadas: 1) a vulgarização dos computadores; 2) o lançamento do primeiro Sputnik.

7 - 3º PERÍODO (ERA ESPACIAL)

O 3º período, coincidente com a era espacial, é o mais curto: mal completou 35 anos; entretanto, face aos extraordinários recursos que a tecnologia nos oferece a cada dia, é o mais fecundo e mais revolucionário. Os progressos naturalmente lentos que a Geodésia registrou nos dois primeiros séculos de sua existência, e que sofreram uma aceleração nas décadas de 1930 a 1960, nos últimos anos passaram a ser medidos numa escala "astronômica".

As raízes dessa arrancada prodigiosa se localizam, conforme acentuamos anteriormente, em dois acontecimentos registrados nos anos 50: o aparecimento e a

rápida disseminação dos computadores e a colocação em órbita, na histórica data de 4 de outubro de 1957, do primeiro satélite artificial da Terra.

O geodesta de ontem consumia meses para reunir algumas observações com seus teodolitos, basímetros e níveis. Hoje em alguns métodos de Geodésia Celeste poucos minutos de trabalho bastam para soterrá-lo sob uma avalanche de observações. E também para inibi-lo de qualquer processo de análise, se não dispuser de uma organização estruturada, no sentido de arquivar, reduzir e manipular, racional e automaticamente, os dados tão rapidamente acumulados.

Não cremos estar incorrendo em erro ao afirmar que o cientista moderno coleta informes numa escala que supera a sua habilidade em manipulá-los. O que torna ainda mais vivo o velho aforismo de que a Ciência não morre porque cria mais problemas do que resolve...

Como se trata de um período contemporâneo, que todos estamos vivendo, nos limitaremos a um breve resumo, desde já enfatizando as suas principais características: a) Geodésia tridimensional; b) sistema geodésico mundial (geocêntrico); c) posicionamento automático; d) Geodésia extraterrestre; e) estrutura do campo da gravidade.

Triangulação Celeste - A Geodésia Celeste ou Espacial teve como primeira ferramenta as chamadas câmaras balísticas; em verdade "nada de novo"; conceitualmente, mera substituição dos alvos luminosos da "triangulação estelar de VAISALA" [33] por uma baliza espacial: o satélite artificial. Este era fotografado simultaneamente, a partir de duas estações terrestres não intervisíveis, contra o firmamento estrelado. Em 1966, com o lançamento do PAGEOS I, o antigo Coast and Geodetic Survey deu início ao seu "World Geometric Satellite Triangulation Program". As observações, realizadas com 16 câmaras Wild BC-4 e duas PC-1000, consubstanciadas

em 3670 fotos, conduziram a um sistema geodésico que cobriu todo o planeta [29].

O Smithsonian Astrophysical Observatory [28] utilizando a mais sofisticada câmara, a BAKER-NUUN, valeu-se do "método orbital" que exige o conhecimento da órbita do satélite (em sua essência é similar ao método da "câmara lunar de MARKOWITZ" [17]).

O SECOR (Sequencial Collation of Range) foi utilizado pelo exército norte americano na década 1960-70 no posicionamento; ao contrário dos casos anteriores, o satélite era ativo [13].

Rastreo a laser - No dia 09 de outubro de 1964 a NASA colocou em órbita o Explorer S-66, primeiro satélite munido de espelhos retro-refletores para devolver ao emissor os pulsos de laser que sobre eles incidem. Hoje tais satélites se multiplicaram. Exemplos de aplicações [01], [05], [08], [22].

a) O SLR (Satellite Laser Ranging).

b) O projeto LAGEOS (Laser Geodynamics Satellite): o Lageos é um pequeno satélite, com 60 cm de diâmetro, destinado a pesquisas na área da Geodinâmica.

c) LLR (Lunar Ranging Laser): Quando a Apollo 11 pousou na superfície da Lua em 21 de julho de 1969, na primeira grande aventura extraterrestre do homem, várias experiências, longamente preparadas, tiveram início; p.ex. ARMSTRONG e ALDRIN deixaram na desértica paisagem do nosso satélite natural um painel com apenas meio metro quadrado de superfície contendo 100 pequenos retro-refletores de sílica fundida. Nove dias depois o Observatório de Lick, da Universidade da Califórnia, captou os primeiros ecos laser. As medidas hoje efetuadas oferecem precisão da ordem do nanosegundo.

Parâmetros do campo da gravidade

- O geopotencial ou potencial da Terra pode ser representado por uma série de harmônicos esféricos de superfície de grau n no qual aparecem n zonais, $2n-2$ sectoriais e $n(n-1)$

tesserais num total de $(n+1)^2 - 3$ coeficientes a determinar (!). No início da era espacial eram conhecidos poucos de tais parâmetros [08]. Hoje, graças a aplicação da Mecânica Celeste ao estudo das perturbações orbitais dos satélites artificiais esse número ascende, com maior ou menor precisão, a várias centenas ou a alguns milhares. São as "coleções de coeficientes" ou "modelos do geopotencial" como os do Goddard Space Flight Center designados com a sigla GEM (Goddard Earth Model): o GEM-7, fruto exclusivo de observações sobre satélites (rastreamento fotográfico, radar, laser, Doppler) reúne coeficientes até o grau $n = 16$; a partir do GEM-10 os modelos passaram a incluir observações gravimétricas terrestres além de altimetria celeste; no GEM - 10C : $n = 180$ (!).

Outras instituições têm investigado também nessa área como o Smithsonian Astrophysical Observatory (Standard Earth), o Groupe de Recherche de Géodesie Spatiale (GRIM), a Technische Universität München e a Ohio State University ($n = 180$).

Convém lembrar que tais coeficientes têm sido utilizados nos métodos combinados para determinação do geóide.

Determinações gravimétricas - A determinação do módulo do vetor acelerado da gravidade apresentava um paralelo com o nivelamento no concernente à precisão: as medidas relativas eram mais precisas que as absolutas. Hoje o panorama é outro, pois os "gravímetros absolutos" propiciam g com precisão da ordem de 10 microgals. Exemplo é a Rede Nacional de Estações Gravimétricas Absolutas instituída pela UFPr, graças à colaboração da Universidade de Hannover [9A], [9B], [9C].

Marés terrestres - Em alguns casos pode ser necessário lembrar que "a Terra do geodesta moderno não é rígida"; as "marés terrestres", ao patamar de precisão de nossos dias, afetam as ondulações geoidais, as altitudes, etc. O fator gravimétrico, p.ex., necessário nas reduções gravimétricas não só

ao geodesta, mas também ao geofísico e ao geólogo, foi determinado para as diferentes regiões do Brasil pela UFPr [9D].

Gradiometria - É o setor da Geodésia Física que trata da determinação dos gradientes, horizontal e vertical, da gravidade. O primeiro "gradiômetro" foi a balança de torção de Eotvos. Os gradiômetros modernos, que operam com base em princípios dinâmicos, se fazem necessários face ao avanço das técnicas de navegação inercial que antes se baseavam apenas no campo da gravidade normal.

VLBI (Very Long Base Interferometry) - No início da era espacial os americanos estabeleceram uma rede de estações de rastreamento pelo método interferométrico. Em essência duas antenas situadas a uma distância conhecida (base) recebem os sinais emanados de um satélite artificial; a diferença de fase com que os sinais chegam às duas antenas permite determinar o ângulo que a base forma com a direção do satélite. O que hoje se conhece por VLBI é o método interferométrico com bases muito longas, de até milhares de quilômetros e com antenas independentes, isto é, não interligadas fisicamente. Os sinais provindos, não de satélites mas de rádio fontes extra galácticas, são registrados em fita magnética juntamente com a hora da recepção, esta fornecida por um relógio atômico. Posteriormente as fitas são correlacionadas obtendo-se a distância entre as antenas ao nível do centímetro. Aplicação: rede de estações permanentes para estudar movimentos da crosta, movimento do pólo, variação da velocidade de rotação da Terra, etc [30].

Altimetria Celeste - Na chamada altimetria celeste um satélite artificial de órbita conhecida transporta um distanciômetro a radar ou laser, mede a sua distância à superfície instantânea do oceano e a transmite a um receptor terrestre. Os primeiros passos experimentais foram dados com o SKYLAB colocado em órbita no dia 14 de maio de 1973 com altura média de 440 km e inclinação de

50º. O êxito obtido justificou novas missões, seguindo-se os satélites GEOS-3 e SEASAT. Este último, desativado em 106 dias apenas, quando a sua vida útil era prevista para no mínimo um ano; mesmo assim conseguiu realizar cerca de quatro milhões de medidas [14], [15], [18].

DOPPLER ± GPS - São assuntos por demais atuais que o leitor domina amplamente, razão pela qual serão omitidos deste nosso rápido histórico.

8 - FINALIZANDO

Como mencionamos anteriormente, depois de dois séculos e meio de um desenvolvimento contínuo, porém lento, hoje as transformações se sucedem num crescendo espantoso que só nos traz uma certeza: deverão continuar, num ritmo ainda maior (a menos, como dissemos, que você acredite, na estagnação da Ciência...). De nossa parte apenas uma previsão a curto prazo: **um sistema geodésico mundial (geocêntrico).**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

00 - ALAKSON, C - The importance of Shoran in surveying Trans. Am Soc. of Civil Engineers, vol. 120, 1955.

01 - BENDER, P.L. et alii - The lunar ranging experiment Science, vol. 18; 229-238. 1973

02 - DELAMBRE, J.B.J. - Grandeur et figure de la terre. Paris, Gauthier - Villars, 1912, 401 p.

03 - DOUBLET, E. - Histoire de l'Astronomie. Librairie Paris, 1922, 572 p.

04 - DREYER, J.L.E. - A history of Astronomy from Thales to Kepler. 2nd. ed., Dover Publications, 1953, 438

05 - FAJEMIKORUM, F. A. - Application of laser ranging and VLBI observations for

selenodetic control. OSU, Report nº 157, Columbus, 1971

06 - FUBARA, D. & MOORAD, A.G. - Impact of satellite altimetry on geodetic datum definition. Intern. Symposium on Redefinition of N.A. Geodetic Networks. UNB, 1974.

07 - GEMAEL, C.- Introdução à Geodésia Geométrica. UFPr, Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas, 1987

08 - GEMAEL, C.- Introdução à Geodésia Celeste. UFPr, Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas, 1991.

09 - GEMAEL, C.- Introdução à Geodésia Física. UFPr, Curso de Pós Graduação em Ciências Geodésicas, 1988.

9A - GEMAEL, C. et alii - Large-scale absolute gravity control in Brazil. General Meeting of the IAG. Edimburg, R. U., 1989.

9B - GEMAEL, C. et alii - Rede Nacional de Estações Gravimétricas Absolutas - RENEGA. XIV Congresso Brasileiro de Cartografia. Gramado, 1989.

9C - GEMAEL, C. & ROSIER, F. - Calibração de gravímetros usando a RENEGA. Anais do 2º Congresso Int. da SBGf. Salvador, 1991.

9D - GEMAEL, C. - O fator gravimétrico no Brasil. Anais do Congresso Int. da SBGf.

10 - HEISKANEN, W. - The Columbus geoid. Transaction, Am. Geoph. Union, December 1957.

11 - HIRVONEN, R. A. - The continental undulations of the geoid. Veroffentl. Finn. Inst (Helsinki) nº 19.

12 - I.H.B.- Radio aids to maritime navigation and hydrography. Publication nº 39, Mônaco, 1956.

13 - JENKINS, H. - SECOR for satellite Geodesy. In: Réseau géodésique européen par

- observation de satellites Symposium de Paris, 1964.
- 14 - KAHN, W. D. et alii - Mean sea level determination from satellite altimetry. *Marine Geodesy*, vol 12 n° 2, 1979.
- 15 - KOCH, K. R. - Processing of altimetry data. B.G. n° 115, 1975.
- 16 - KRASSOWSKI, N. T. - Empleo de material astronomico-geodesico y gravimetrico para la determinacion de la forma del geoid. Buenos Aires, Inst. Geog. Mil., Folheto de divulgacion n° 11 (Tr. do russo), 1936
- 17 - MARKOWITZ, W. - Photographic determination of the moon's position and applications to the measure of time, rotation of the earth and Geodesy. *The Astron. J.*, 59 (2):69-73.
- 18 - MARSH, J. et alii - Mean sea surface computation using GEOS-3 altimeter data. *Marine Geodesy* (3), n° 1, 1980.
- 19 - MOLODENSKI, M. S. et alii- Methods for study of the external gravitational field and figure of the earth (Tradução do russo). Dep. of Commerce, Washington, 1960.
- 20 - MORITZ, H. & HEISKANEN, W. - *Physical Geodesy*. Freeman and Co., S. Francisco, 1967.
- 21 - MORITZ, H. - *Advanced physical geodesy*. Herbert W., Karlsruhe, 1980.
- 22 - MULHOLLAN, J. - Scientific achievements from ten years of lunar laser ranging. *Reviews of Geophysics and Space Physics*, vol. 18, n° 3, 1980.
- 23 - NEWTON, I. - *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, In: Hutchins, R.M. ed: *Great books of the western world*. Londres, 1955.
- 24 - PLATÃO - *The dialogues of Plato*. In Hutchins, R.M. ed: *Great books of the western world*. Londres, 1955.
- 25 - PTOLOMEU, C. - *The almagest*.
- 26 - ROSS, J.E.R. - *Geodetic problems in Shoran*. Geodetic Survey of Canada, Publ. n° 76, Ottawa, 1950.
- 27 - ROSS, J.E.R. - *Shoran triangulation in Western Canada*. Geodetic Survey of Canada, Ottawa, 1951.
- 28 - S.A.O. - *Geodetic parameters for a 1966 Smithsonian Institution Standard Earth*. Edited by Lundquist, A Special Report 200 - 1966.
- 29 - SCHMID, H. - Status of data reduction and analysis method for the world-wide geometric satellite triangulation program. In: *The use of artificial satellites for Geodesy*. A.G.U., Geophysical Monograph n° 15, 1972.
- 30 - SHAPIRO, I. I. et alii - Transcontinental base lines and the rotation of the earth measured by radio interferometry. *Science* 186 (4167):920-1, 1974.
- 31 - STOKES, G. G. - On the variation of gravity on the surface of the earth. In: *Mathematical and Physical Papers*, vol. II p. 131-171, 1849.
- 32 - TANNI, L. On the continental undulations of the geoid as determined from the present gravity material. Publ. *Isost. Inst. IAG* (Helsinki) n° 18, 1948.
- 33 - VAISALA, Y. & OTERMA, L.- *Anwendung der astronomischen triangulation methode*. Veroffent. Finn, Geod. Inst. n° 53, Helsinki, 1960.
- 34 - WENING-MEINESZ, F. A. - *Gravity expeditions at sea*.

VÔO APOIADO

José Bittencourt de Andrade

Reynaldo Bittencourt Souto

Lívio Alarma Zunino

Regina do Rocio de Andrade

Geokosmos Ltda
Rua Frei Francisco Mont'Alverne, 844
81540-410 Curitiba, PR, Brasil
Fone (041-366-3634
FAX (041) 266-7444

RESUMO

No Congresso da ISPRS de 1992, em Washington, Bittencourt de Andrade e Magro apresentaram um trabalho sobre este mesmo tema, baseado em dados simulados. No mesmo conclave, o Prof. Ackermann e seus colegas apresentaram trabalho sobre o mesmo tema, porém com dados reais. As conclusões dos dois trabalhos tiveram muitos pontos em comum. Assim, a GEOKOSMOS com a ENGEFOTO resolveram desenvolver tecnologia própria nessa área. Isto resultou na implementação de um pacote de programas de aerotriangulação analítica, de navegação e no desenvolvimento de um interface entre o GPS e a câmera aérea, em virtude de não existir no mercado equipamento que pudesse ser adaptado a câmeras mais antigas. Embora as experiências devam continuar no sentido de aperfeiçoar a metodologia alcançada, muitos resultados alentadores já foram conseguidos e estão sendo discutidos no presente trabalho.

ABSTRACT

In the 1992 ISPRS Congress, at Washington, a paper was sowed by Bittencourt de Andrade and Magro on this subject, based on simulated data. In the same event, Prof. Ackermann and his colleagues presented also a paper on the same theme using real data. The conclusions on both papers have many common points. Therefore, GEOKOSMOS and ENGEFOTO decided to develop their own technology on the subject. The result was the implementation of a computer software for analytical aerotriangulation, navigation and the development of a interface for GPS receiver and aerial camera, due to the fact that no specific equipment exists on the market for old cameras. In spite of the fact that the experiments must be continued in order to get a more advanced technology, many of the results presented on this paper are very encouraging.

1. Introdução

O uso de dados auxiliares para a aerotriangulação obtidos durante a cobertura fotogramétrica é uma prática antiga. Assim, já foram utilizadas câmeras de horizonte, altímetros diferenciais, determinações de coordenadas dos centros de perspectiva por trilateração por meios eletrônicos etc. Todos os meios utilizados até hoje para a determinação das coordenadas dos centros de perspectiva das aerofotos, bem como a atitude da câmera eram de difícil obtenção. O sistema de navegação por satélites artificiais NAVSTAR-GPS está superando todas as antigas dificuldades e mostra avanços que claramente conduzirão a total eliminação dos pontos de apoio terrestres, como tal. Esta afirmativa não está significando a eliminação integral dos trabalhos geodésicos de campo, pois, o próprio vôo apoiado exige, em sua metodologia, pelo menos um ponto conhecido na área a ser fotografada, para viabilizar a navegação diferencial. Além disso, as altitudes geométricas (relativas ao elipsóide) devem ser convertidas em altitudes ortométricas (relativas ao geóide). Num trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Cartografia, Andrade (1987), já foi afirmado que apenas os métodos diferenciais teriam grande potencial para o uso do GPS em geodésia. Hoje, já dispomos de instrumentos que podem determinar com elevada segurança as coordenadas dos centros de perspectiva (desvio padrão da ordem de 20cm), bem como a medição dos ângulos Eulerianos com precisão da ordem de 30 segundos de arco, como é o caso do receptor GPS 3DF fabricado pela ASHTECH. Estes fatos mudam o panorama atual da fotogrametria, exigindo estudos e análises desta nova e promissora ferramenta que passamos a dispor.

Por esse motivo, a Geokosmos, associada a empresa Engefoto S/A resol-

veu colocar em termos práticos o vôo apoiado, visando não apenas o credenciamento tecnológico para a execução de vôos apoiados, bem como para estudar as potencialidades e atuais limitações inerentes a essa nova tecnologia.

2.- O Projeto de Vôo Apoiado

Em um Congresso Brasileiro de Cartografia, Andrade (1989), apresentou um trabalho sobre navegação de sensores, onde foram analisadas as potencialidades do GPS para posicionar dados de qualquer tipo de sensor transportado. Como segundo passo, foi realizado um projeto de pesquisa em colaboração com o Professor Magro da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, onde trabalhou-se com dados simulados. Esse trabalho, Magro(1992), foi apresentado em Congresso da Sociedade Internacional de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto, em Washington, sob o título GPS & AEROTRIANGULATION, onde ficou demonstrado o elevado potencial da nova metodologia. Três experiências foram descritas no referido trabalho, mostrando o potencial e as limitações do vôo apoiado. Nessas experiências foi tratado um pequeno bloco de 16 aerofotos na escala de 1:10000, tendo as coordenadas dos centros de perspectiva exatidão da ordem de 2 metros e os ângulos Eulerianos da ordem de 3 minutos de arco. Concluiu-se que os dados GPS dão a necessária rigidez ao bloco que pode funcionar com o mínimo de pontos de apoio convencional, não necessitando de nenhum ponto adicional para esse fim. A exatidão dos dados GPS utilizados eram os melhores possíveis na época. Entretanto, para passar de pesquisa com dados simulados para dados reais, muitos problemas devem ser resolvidos. O receptor GPS de bordo recebe um pulso da câmera fotogramétrica no instante da tomada de uma aerofoto. Aí reside o pri-

meio problema a resolver. Para que instante devemos ter as coordenadas? No instante correspondente ao meio intervalo do tempo de exposição ou ao instante correspondente ao centro da máxima iluminação? Decidido qual o instante mais correto, como obtê-lo? Que algoritmo será mais adequado para processar a interpolação das coordenadas? O menor intervalo de tempo para a obtenção de observações GPS evidentemente será o melhor para garantir melhores resultados, mas pode demandar em alto potencial de memória necessária para armazenar tal massa de dados. Os receptores ASHTECH podem registrar dados a cada 0,5 segundos e tem memória suficiente para tal. Como entre uma foto e outra ocorrem alguns segundos, tal massa de dados é ótima. Para resolver a questão da determinação do instante mais adequado a ser adotado como o da tomada da aerofoto, desenvolvemos um sensor capaz de medir intervalos de tempo muito pequenos e com precisão de 0,5 milésimos de segundo. Verificamos que a câmera Zeiss utilizada na experiência apresentava razoável constância nos intervalos de tempo de exposição, principalmente para os intervalos mais curtos. Entretanto, a variação detectada mostrava que seria impossível discriminar entre o centro do intervalo total de exposição e o centro do intervalo de máxima exposição. Como segundo passo, procuramos determinar o intervalo de tempo decorrente entre a emissão do sinal do intervalômetro e o início da abertura do obturador. Verificamos que esse intervalo de tempo é muito variável e totalmente imprevisível, o que confirmamos em literatura provida pela Zeiss, mostrando que nos modelos recentes esse problema já não existe. Restou-nos, assim, duas opções: encontrar um evento para o qual o intervalo de tempo entre ele e o instante da abertura do obturador fosse constante, ou colocar um sen-

sor no cone da câmera. A primeira solução, que é mais simples, infelizmente não foi possível. Uma vez montado e testado o referido sensor, foi planejado um teste na cidade de Farroupilha no Rio Grande do Sul, onde seria executada uma cobertura fotogramétrica na escala de 1:8000 e com apoio convencional para a aerotriangulação com GPS. Com tal arranjo, cria-se a possibilidade de testar os resultados de aerotriangulação analítica de um voo apoiado com a aerotriangulação, também analítica, mas com apoio convencional. Para atingir esse objetivo, foi elaborado um pacote de programas para realizar aerotriangulação analítica com injunções para as coordenadas dos centros perspectivos, bem como para os ângulos de atitude. Esse pacote de programas foi desenvolvido segundo o "bundle method", com pre-processamentos para detecção e eliminação de erros superiores a 1,5 do desvio padrão.

Para a interpolação de coordenadas dos centros de perspectiva foi desenvolvido um programa de ajustamento com Filtro de Kalman.

O recobrimento aéreo da região urbana de Farroupilha consistiu de sete faixas, totalizando 157 aerofotos na escala de 1:8000, tomadas com câmera Zeiss RMK.

As experiências consistiram, numa primeira fase, da comparação entre as coordenadas dos centros de perspectiva obtidos via aerotriangulação convencional com as mesmas determinadas via GPS. Nesta fase, constatamos que algumas fotografias "fantasmas", problema que foi resolvido com o ajuste de sensibilidade do conjunto sensor-interface. Foi ainda constatada uma diferença da ordem de 18 metros segundo a ordenada X, ou seja, na direção transversal ao voo que foi norte-sul. Até o momento não conseguimos desco-

brir as causas de tal erro sistemático¹. Na segunda fase, eliminando o erro sistemático de 18 metros, mesmo sem conhecer suas causas, passamos a processar o bloco com o conhecimento das coordenadas dos centros de perspectiva, eliminando, gradativamente os pontos de apoio do centro da área, como indicavam ser possível as experiências com dados artificiais.

Por não dispormos de um receptor 3DF, a experiência ficou restrita à determinação das coordenadas dos centros de perspectiva, sem a medição dos ângulos Eulerianos.

A antena do receptor GPS foi instalada segundo a vertical que contém o centro de perspectiva da câmera com a aeronave em posição de vôo nivelado. A distância antena-centro de perspectiva foi medida para posterior redução das coordenadas da antena para o centro de perspectiva no processamento do bloco de aerofotos.

3. Resultados

A comparação dos resultados entre as aerotriangulações, com apoio terrestre total e com o vôo apoiado mostrou desvio médio quadrático praticamente constante no procedimento de eliminação de pontos de apoio terrestre do centro do bloco e começou a sofrer alterações mais significativas apenas quando experimentou-se eliminar pontos da periferia do bloco. A variância da unidade de peso "a posteriori" passou de 0,83 para 0,65, o que era esperado em virtude das injunções aplica-

¹ Este trabalho foi apresentado no Congresso da SBC de 1993, mas não foi publicado nos respectivos Anais em virtude de ser concluído em tempo hábil. Um mês mais tarde, constatou-se que o erro sistemático de 18 metros era causado por um valor errado de coordenadas de marcas fiduciais. Estas estavam em sistema de máquina, quando se esperava que fossem no sistema fotogramétrico como é usual. Tal erro provocou um deslocamento do ponto principal da ordem de 2,25mm, ou algo como 18 metros no terreno.

das. Os resíduos das coordenadas de foto não sofreram alteração estatisticamente significativa. Nas coordenadas de campo, as maiores diferenças oscilaram entre 20 e 30 cm e os resíduos dos pontos de apoio terrestre restantes diminuíram drasticamente, o que também era esperado.

4. - Conclusões

O vôo apoiado, mesmo sem o conhecimento dos ângulos Eulerianos, mostrou-se potencialmente viável, mesmo para a escala de 1:8000 quanto ao aspecto precisão. Os resultados são muito promissores e já é possível garantir totalmente a aplicabilidade do vôo apoiado em levantamentos sistemáticos, quando se opera com fotografias nas escalas de 1:25000 ou menores, reduzindo o apoio terrestre provavelmente a um único ponto bem determinado.

Segundo o aspecto econômico, torna-se necessário considerar que o vôo apoiado sofre as mesmas restrições de um vôo fotogramétrico normal, isto é, depende de condições atmosféricas ótimas, o que pode redundar em tempo de espera superior ao necessário para a elaboração de um apoio terrestre normal com GPS, comprometendo o aspecto econômico.

Entretanto, nas áreas de difícil acesso terrestre ou de muita cobertura vegetal, sem dúvida o vôo apoiado tornará viável o projeto sob todos os aspectos.

5. - Referências Bibliográficas

ANDRADE, J.B. - "Posicionamento: O que Virá?" - Congresso Brasileiro de Cartografia, 1987.

ANDRADE, J.B. et alli. - "Navegação de Sensores - Congresso Brasileiro de Cartografia, 1989.

ANDRADE, J.B. - Injunções num Referencial Local" Boletim de Geodésia (38)
- UFPR - Curitiba, 1989.

ANDRADE, J.B. - "Primeiras Experiências no Brasil com o Método Pseudo-Cinemático de Posicionamento por GPS" - Congresso Nacional de Engenharia de Agrimensura - Teresina, 1989.

ANDRADE, J.B. "Modelos Matemáticos do GPS" XXXV Congresso Brasileiro de Geologia - Belem, 1988.

ASHTECH INC. - "Vehicle Navigation Using Differential GPS" - 1991.

ASHTECH INC. - "Real Time Differential GPS with Ashtech XII" 1991.

MAGRO, F.S.; ANDRADE, J.B. - 'GPS 7 Aerotriangulation' - ISPRS 1992.

UTILIZAÇÃO DA ESTATÍSTICA MULTIVARIADA NA ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS PELA IMAGEM DE SATÉLITE

Fernando L. P. Santil¹, Maria B. Trindade² e Paulo R. Curi³

RESUMO

Duas técnicas de estatística multivariada: Análises de Agrupamento e de Componentes Principais foram utilizadas para a avaliação de separabilidade entre as culturas de trigo e feijão, a partir de imagens orbitais do Sistema Landsat-5, obtidos nos municípios de Barretos e Guaira (Estado de São Paulo).

Foram utilizadas nove variáveis: CTM1, ..., CTM7- correspondem, respectivamente, aos níveis de cinza nas bandas TM1, foliar (definido como a área total de folhas por área unitária de solo); CLT - clorofila total (quantidade de clorofila a e b (mg/10g)). Os resultados permitiram concluir que a análise multivariada mostrou-se eficiente na separação das culturas. As variáveis, por ordem crescente de importância discriminatória, foram: COB, IAF, CTM4, CTM3, CTM7, CLT, CTM2, CTM1 e CTM5.

Palavras-chave: Imagem de satélite, Análise Multivariada

UTILIZATION OF MULTIVARIATE ANALYSIS FOR ANALYSE OF DATA BY SATELLITE IMAGE

SUMMARY

Two multivariate statistical analysis was applied: Cluster and Principal Components Analysis for estimate of separately between the growing of whet and bean, by orbital image of Landsat-5 system. The data are of city council Barretos and Guaira (state of São Paulo).

The nine variable was applied: CTM1, ..., CTM7-standard of cinder, respectively, TM1, ..., TM7 bands; COB - soil cover; IAF - foliar surface; CLT - total chlorophyll (a and b).

The result was concluded that multivariate analysis was efficient in the separation of growing. The variable wich most contribued to the discrimination of growing were, in crescent order of importance: COB; IAF; CTM4; CTM3; CTM7; CLT; CTM2; CTM1; CTM5.

Key-words: Satellite image, Multivariate analysis.

¹ Aluno de Pós-Graduação em Energia na Agricultura - F.C.A. - UNESP - Campus de Botucatu, SP

² Prof^a Ms. do Departamento de Cartografia da Faculdade de Ciência e Tecnologia - F.C.T. - UNESP - Campus de Presidente Prudente, Caixa Postal 957, CEP 19060, São Paulo, SP

³ Prof^a Titular do Serviço de Estatística e Computação da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu - FMVZ - UNESP - Rubião Jr., Caixa Postal 502, CEP 18600, Botucatu, SP

UTILIZAÇÃO DA ESTATÍSTICA MULTIVARIADA NA ANÁLISE DE DADOS OBTIDOS PELA IMAGEM DE SATÉLITE

INTRODUÇÃO

A utilização da estatística multivariada, segundo Morrison (1976) e Mardia et alli (1979) apud Humphreys (1980), se dá na medida em que mais de uma variável é obtida em um mesmo objeto ou amostra. Os dados são apresentados em várias dimensões, e o fato das observações serem originadas de um mesmo objeto ou amostra, gera dependência ou correlação entre as variáveis medidas.

Desta forma, será quase impossível que o pesquisador, ao estudar um determinado fenômeno, possa concluir, com apenas uma variável, as conseqüências ocasionadas por esta ou, muito menos, caracterizar o fenômeno estudado.

Muitas organizações nacionais e internacionais publicam, periodicamente, informações na forma de tabela multivariada. Mas, por outro lado não fazem o uso habitual da estatística multivariada. Tem-se, em tais publicações, valores puramente tabelados, desprovidos de qualquer análise à respeito dos mesmos.

Observando-se, então, esta lacuna serão utilizadas duas técnicas de estatísticas multivariada, a saber: Análise de Agrupamento e de Componentes Principais.

Segundo Curi (1992), dado um conjunto de unidades conhecidas somente por uma listagem de suas variáveis, o objetivo da análise de agrupamento é encontrar a melhor maneira de descrever o padrão de similaridades mútuas das unidades. Isto é, as unidades serão parecidas com características semelhantes ou próximas, ou, então, serão, distintas, dissemelhantes ou afastadas.

Utilizando-se a Análise de Componentes Principais, o objetivo é reduzir a dimensionalidade de um conjunto de variáveis correlacionadas. Isto é obtido, de

acordo com Jolliffe (1986) apud Humphreys (1989), através de uma transformação dos dados originais a partir da qual são gerados componentes principais, não correlacionados.

Cada componente principal gerado é uma combinação linear dos dados originais. O número de componentes principais gerados é igual ao número de variáveis contidas. Cabe salientar, conforme comentários de Curi (1982), que o 1º componente principal é aquela combinação ponderada das variáveis que carrega a máxima quantidade de variação total das variáveis originais; o 2º componente principal retém a maior porcentagem do restante dessa variação, e assim sucessivamente.

Dentre possíveis áreas de utilização da estatística multivariada, em particular, o sensoriamento remoto desponta como uma área a ser explorada. Apesar do seu emprego em processamento digital de imagens, que se utiliza de programas computacionais nos quais são empregados técnicas de estatística multivariada, estes métodos estatísticos multivariados são pouco conhecidos por profissionais da área. O sensoriamento remoto possibilita a obtenção de informações a respeito da superfície terrestre, de maneira contínua e com um recobrimento maior, obtidas por intermédio de sensores instalados a bordo de satélites. Diversas são suas áreas de aplicação. Dentre elas podemos destacar: geomorfologia, geologia, pedologia, cartografia e agricultura, sendo esta última o objeto do nosso estudo.

Na agricultura a utilização de técnicos de sensoriamento remoto nos fornece informações sobre a área plantada (identificação e mapeamento) e a produtividade de culturas agrícolas importantes na economia nacional.

Dentro deste contexto, o estudo e pesquisas realizados sobre áreas de trigo, soja, cana-de-açúcar, milho, arroz, feijão, etc., têm merecido especial apreço por parte de órgãos governamentais, tais como: Banco do Brasil e o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). A atenção do INPE não é dedicada somente ao desenvolvimento de técnicos que facilitam a identificação de tais culturas, mas também para obter previsões de safra e de área plantada, no sentido de cooperar com instituições financeiras, como o Banco do Brasil, na fiscalização de operações de crédito agrícola.

Muito embora o estudo apresentado esteja ligado à agricultura e como diversas são conotações possíveis nesta área, nós ficaremos restritos à avaliação da separabilidade entre as culturas de trigo e feijão, valendo-se das técnicas de Análise de Agrupamento e Análise de Componentes Principais.

MATERIAL E MÉTODO

Os dados por nós utilizados foram extraídos da tese de doutorado de JOSÉ CARLOS NEVES EPIPHANIO (1988), coletados em 1986.

A área de estudo compreendeu as regiões de Barretos e Guaira, situadas no Estado de São Paulo e localizadas entre as coordenadas 20° 15' S a 21° S, e 048° W a 050° W. Para a região de Barretos, foram considerados os municípios

de Terra Roxa, Colina, Jaborandi, Colômbia e Barretos, além do município de Guaira.

Com relação a escolha das culturas, conforme Epiphanio (1988), foram usados critérios como: valor econômico, semelhança no cronograma de plantio e o fato das culturas usadas terem o ciclo adequado e apresentarem distribuição homogênea na região.

Na obtenção dos dados o autor utilizou imagens orbitais do sistema Landsat-5, sendo registrados os dados dos canais 1,2,3,4,5 e 7. Detalhes a respeito do sistema Landsat podem ser obtidos em Novo (1989), Epiphanio (1988), Silva (1984), Kiefer (1979) e Lintz (1976).

A tabela 1, a seguir, mostra as variáveis e as áreas de estudo (T = trigo e F = feijão) obtidas em 17/06/86, sendo consideradas 10 áreas para cada cultura. As siglas de identificação das variáveis e seus significativos são:

CTM1,, CTM7 - correspondem, respectivamente, aos níveis de cinza nas bandas TM1, TM7; COB - porcentagem de cobertura do solo; IAF - índice de área foliar (definido como a área total de folhas por área unitária de solo); CLT - clorofila total (quantidade de clorofila a e b (mg/10g).

Áreas	CTM1	CTM2	CTM3	CTM4	CTM5	CTM7	COB	IAF	CLT
1. T1	4,50	6,75	5,25	71,00	45,50	8,75	97,9	5,12	18,0
2. T2	8,75	9,50	11,50	43,50	53,75	14,50	52,4	1,91	15,22
3. T7	5,75	8,25	8,50	51,25	42,00	9,50	50,6	2,74	15,61
4. T14	7,75	9,75	11,75	50,25	41,25	10,25	49,3	0,89	14,44
5. T15	5,50	6,50	5,0	73,25	40,50	6,50	96,5	6,68	17,00
6. T22	9,50	12,0	28,50	31,50	61,75	31,25	11,1	0,27	12,73
7. T26	9,0	10,25	9,25	61,75	48,0	10,0	90,2	3,71	14,82
8. T28	6,75	7,75	6,25	82,0	44,50	6,75	96,7	5,36	17,32
9. T33	6,25	6,5	5,25	80,25	46,75	6,75	96,0	6,55	15,00
10. T43	8,50	10,0	8,25	74,75	55,5	10,5	97,9	2,05	16,28
11. F3A	9,0	11,5	20,5	43,75	58,0	22,25	19,7	0,81	10,25

Áreas	CTM1	CTM2	CTM3	CTM4	CTM5	CTM7	COB	IAF	CLT
12. F9	5,75	7,0	11,0	28,25	31,0	9,0	14,3	0,62	12,35
13. F10	6,25	7,5	17,5	22,0	31,0	13,5	4,2	0,15	8,26
14. F17	7,0	9,75	9,75	61,25	53,75	11,75	55,3	1,96	14,36
15. F18	8,35	10,5	9,0	83,0	60,0	11,75	85,8	6,64	11,39
16. F36	6,75	8,25	8,0	59,0	46,75	9,75	45,5	2,20	12,29
17. F6A	8,0	10,0	11,0	49,25	48,0	14,0	16,9	1,17	13,27
18. F40	6,75	8,0	10,75	43,75	42,0	10,0	38,1	1,58	14,40
19. F41	7,75	10,25	15,50	45,25	58,75	20,50	29,2	0,74	15,62
20. F42	8,25	11,0	16,75	31,25	46,75	18,25	21,5	0,63	10,37

Tab. 1 - Valores das variáveis obtidos para cada área de estudo (T = trigo, F = feijão)

A escolha das áreas foi baseada na disposição de informações e na disponibilidade de obter heterogeneidade das áreas de plantio. Entretanto, procurou-se observar uma homogeneidade do período de

plantio entre as culturas. A tabela 2 nos mostra esta situação.

Áreas Trigo	T1	T2	T7	T14	T15	T22	T26	T28	T33	T43
Dias	43	25	27	53	46	15	25	46	46	45

Áreas Feijão	F3A	F9	F10	F17	F18	F36	F6A	F40	F41	T42
Dias	33	24	15	40	51	43	30	34	31	25

Tab. 2 - Dias após o plantio para as áreas de trigo (T) e feijão (F)

Os dados foram obtidos em unidades diferentes e por esta razão efetuou-se uma transformação de variável para torná-los adimensionais, e com variação no intervalo de 0 a 1.

Objetivando avaliar a ação conjunta dos parâmetros - nível de cinza nas bandas 1,2,3,4,5 e 7 do TM, COB, IAF e CLT na discriminação das culturas estudadas - efetuamos análises estatísticas multivariadas de Agrupamento (Sneath & Sokal, 1973) e de Componentes Principais (Morrison, 1967). A estratégia de agrupamento utilizada foi a UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Average), que permitiu obter agrupamentos sequenciais, aglomerativos, hierárquicos, não superpostos, e expressar os resultados através de gráfico de esquema hierárquico ou dendograma. O coeficiente de semelhança utilizado foi a Distância Euclidiana Média.

A Análise de Componentes Principais foi utilizada para obter um conjunto menor de combinações lineares das variáveis originais, preservando a maior parte da informação por ela fornecida. Dessa forma, se o conjunto das variáveis originais puder ser reduzido a dois componentes principais (Y1 e Y2), será possível representar as unidades, ou seja, as 20 (vinte) áreas em um gráfico bidimensional e definir os seus prováveis agrupamentos, de acordo com as proximidades de suas localizações, além de possibilitar classificação das variáveis pela importância discriminatória na constituição dos agrupamentos.

O peso das variáveis originais em cada componente principal é dado pelo coeficiente de correlação entre a variável e o componente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da utilização da técnica de agrupamento UPGMA, foi gerado um dendograma que expressa as fusões sequenciais dos pontos que representam as culturas analisadas. Este dendograma está ilustrado na figura 1.

A transformação por componentes principais resultou em um novo conjunto de eixos, cuja representação em um espaço bidimensional é ilustrada na figura 2, juntamente com a definição dos grupos hierárquicos obtidos a partir da figura 1.

Os valores dos coeficientes de correlação entre os componentes principais (Y1 e Y2) e as variáveis originais podem ser observados na tabela 3. A partir de sua análise, percebemos que o 1º componente principal (Y1) reteve 73,13% da variância total e o 2º (Y2) 15,25 % ou seja, Y1 reteve 73,13% da informação total das nove variáveis originais e Y2 15,55% sendo que

juntos retiveram 88,68% da informação total.

A observação dos coeficientes de correlação entre os parâmetros originais e os componentes principais permitiram estabelecer a seguinte ordem de importância, na formação dos agrupamentos: COB, IAF, CTM4, CTM3, CTM7, CLT, CTM2, CTM1 e CTM5.

Assim, as variáveis COB, IAF e CTM4 contribuíram com a maior parte da informação para a definição dos eixos transformados, enquanto que o CTM5 foi a menos discriminatória.

Variáveis	Componentes Principais		Ordem de Importância
	Y ₁	Y ₂	
CTM1 (X ₁)	- 0,43	0,77	8º
CTM2 (X ₂)	- 0,54	0,76	7º
CTM3 (X ₃)	- 0,86	0,37	4º
CTM4 (X ₄)	0,93	0,27	3º
CTM (X ₅)	- 0,05	0,94	9º
CTM7 (X ₆)	- 0,76	0,58	6º
COB (X ₇)	0,96	0,19	1º
IAF (X ₈)	0,94	0,10	2º
CLT (X ₉)	0,68	0,03	6º
Variância	73,13	15,55	
Variância Acumulada	73,13	88,68	

Tab.3 - Coeficiente de correlação entre as variáveis originais e os dois primeiros componentes principais (Y1 e Y2). Porcentagem da variância retida em cada componente.

Na tabela 4 encontram-se listadas as áreas estudadas com seus números de referência e os valores dos dois primeiros

componentes principais (Y1 e Y2), dos quais resultou a figura 2.

Áreas	Y1	Y2
1. T ₁	8,54	- 1,43
2. T ₂	- 1,56	1,22
3. T ₇	0,98	2,63
4. T ₁₄	- 1,98	1,10
5. T ₁₅	10,19	1,48

6. T ₂₂	- 10,95	5,95
7. T ₂₆	4,20	2,25
8. T ₂₈	8,82	0,18
9. T ₃₃	9,91	0,29
10. T ₄₃	4,12	2,83
11. F ₃₄	- 7,52	3,55
12. F ₉	- 5,11	- 6,26
13. F ₁₀	- 8,38	- 4,99
14. F ₁₇	0,17	0,46
15. F ₁₈	7,28	4,53
16. F ₃₆	0,05	1,75
17. F _{6A}	4,44	0,68
18. F ₄₀	- 1,92	- 2,77
19. F ₄₁	5,26	1,93
20. F ₄₂	7,15	0,47

Tab. 4 - Áreas listadas com seus números de identificação e os valores dos dois primeiros componentes principais (Y1 e Y2). As letras T e F indicam trigo e feijão, respectivamente.

A análise conjunta das figuras 1 e 2 nos possibilitaram inferir a formação dos seguintes grupos:

G1: T1 (1), T15 (5), T28 (8) e T33 (9) áreas de trigo; G2: T26 (7) e T43 (10) áreas de trigo; G3: F17 (14) e F36 (16) áreas de feijão, T14 (4) e F40 (18), respectivamente, trigo e feijão e T2 (2) e T7 (3) áreas de trigo; G4: F3A (11), F6A (17), F41 (19) e F42 (20) áreas de feijão e G5: F9 (12) e F10 (13) áreas de feijão.

Ocorreram áreas isoladas que se aproximaram, como é o caso do nº 15, de G1, e outras que se distanciaram, como a nº 6, sendo que esta diferenciação traduz particularidades das áreas em questão.

O conhecimento do comportamento especial de alvos, segundo Novo (1989), não é importante somente para a extração de informações de imagens obtidas pelos sensores remotos. É, também, importante na própria definição de novos sensores, do tipo de processamento a que devem ser submetidos os dados brutos, ou mesmo da forma de aquisição dos dados (geometria de coleta de dados, frequência, altura do imageamento, resolução limite, etc.).

No que se refere às culturas agrícolas, a análise efetuada mostrou que a variável COB é de vital importância para o registro da energia (albedo, reflectância) e, conseqüentemente, pudemos perceber que a área foliar é proporcional a esta cobertura. Entretanto, a identificação do estágio de desenvolvimento ficou comprometida, pois, para isto, necessitamos de um quadro mais abrangente onde possamos dispor, entre outros tipos de dados, de informações quanto ao tipo de solo de cada área cultivada e de um período maior de acompanhamento das culturas.

Pudemos observar, ainda, que o nível de intensidade do sinal registrado pelo sensor foi alto para a banda TM4, pelo fato dela abranger a região do infravermelho próximo, e por serem estes comprimentos de onda altamente refletidos pela vegetação, em condições normais. Por analogia, as respostas captadas nesta banda podem ser diretamente relacionadas com os parâmetros COB e IAF. Ou seja, de um modo geral quanto maior o valor observado em CTM4 maiores serão os valores de COB e IAF, para uma dada área.

As informações observadas em CTM3 e CTM7 relacionam-se, respectivamente, a absorção de energia e de água para o desenvolvimento da planta

Portanto, genericamente, os valores de CLT observados são maiores para os menores valores de CTM3.

Para as bandas TM1 e TM2 observamos um comportamento similar, ou seja, apresentaram os valores de nível de cinza próximos. No entanto, a banda TM5 apresentou valores altos decorrentes da necessidade de água por parte das culturas.

Com base nas considerações anteriores, pudemos analisar os resultados observados na figura 2, na qual foi explicitado o espaço bidimensional formado pelos dois primeiros componentes principais e a configuração dos agrupamentos resultantes da técnica UPGMA, aplicada aos dados originais.

Assim, percebemos que as áreas de trigo apresentaram uma maior distribuição ao longo do 1º componente principal, sendo que sua contribuição é preferencialmente positiva. Já as áreas de feijão distribuíram-se ao longo dos dois componentes principais, e sua contribuição é negativa.

Relacionando as áreas das culturas com seu respectivo ciclo de vida (nº de dias após o plantio), pudemos observar o seguinte:

a) o grupo G1, constituído por quatro áreas de trigo (1, 5, 8 e 9), apresentou para todas as áreas um ciclo de vida entre 43 e 46 dias; uma similaridade espectral em termos de valores de cinza para as bandas 1 a 7; um grau de cobertura do solo (COB) maior que 95 % ; IAF maior que 5 e um teor de clorofila maior que 15.

b) o grupo G1, também referente ao trigo (áreas 7 e 10), mostrou uma variação em estágio de desenvolvimento (25 dias - área 7 e 45 dias - área 10); grau de cobertura maior para 10, no entanto menor IAF do que da área 7, ao contrário do que era esperado. Faltaram-nos, porém, subsídios para avaliar a causa desta anomalia.

Por outro lado, apesar da diferença nos ciclos de desenvolvimento, as duas áreas apresentaram valores de cinza bastante próximos, quando analisados para as bandas individuais, e por isto foram incluídas em um mesmo grupo.

c) a área 6, referente à cultura de trigo, apresentou um ciclo de vida de 15 dias e decorrente disto, uma baixa resposta no canal TM4, conseqüentemente, valores mais altos no canal TM3, em função da maior exposição do solo. Assim, os valores de IAF e COB são também baixos, justificando sua localização isolada no espaço bidimensional.

d) outra área isolada, a de nº 15, era de cultura de feijão com um ciclo de vida de 51 dias. Isto pode ser explicado pelo fato desta cultura ter uma "idade" bem maior que as demais áreas de feijão, o que se reflete na maior resposta de canal TM4 e maiores valores de COB e IAF. Desse modo, estes valores aproximaram esta área de G1, o que não veio ocorrer com as demais áreas de feijão

e) em relação ao grupo G4, onde foram agrupadas áreas de feijão (11, 17, 19 e 20), os estágios de desenvolvimento estão entre 25 a 33 dias; observamos que existe uma distância considerável entre estas áreas, quando da sua plotagem no espaço bidimensional. Apesar disto, e em função de uma certa similaridade espectral entre os dados nos canais TM1, TM2, TM3 e TM5, estas definiram um único grupo.

Cabe ressaltar a ocorrência de alguns valores anômalos observados quando comparados aos valores da banda TM4, de COB e IAF, em relação às áreas 17 e 19. Entretanto, os dados disponíveis não são suficientes para uma discussão mais detalhada a respeito desta ocorrência.

f) quanto ao grupo G5 (áreas 12 e 13) de trigo com, respectivamente, 24 e 15 dias de plantio, observamos que ocorre similaridade espectral entre as bandas TM1, TM2 e TM5, e as variações espectrais

refletidas nos valores de COB, IAF e CLT. A similaridade espectral, principalmente na banda TM5, possibilitou o agrupamento destas áreas.

g) finalmente, em relação ao grupo G3 observamos que foram agrupadas áreas de trigo: junto com áreas de feijão, além de uma variação considerável em termos de idade da cultura. Assim, as áreas de feijão representadas pelos números 14, 16 e 18 tiveram, respectivamente, 40, 43 e 34 dias, e suas similaridades espectrais foram refletidas nos valores das bandas individuais. As discrepâncias observadas ficaram por conta dos valores de IAF comparados com COB para as áreas 14 e 16.

As áreas de trigo incluídas neste grupo referiram-se aos números 2, 3 e 4 a, respectivamente, 25, 27 e 53 dias após o plantio. Para estas áreas pudemos perceber a ocorrência de valores bastante próximos para os parâmetros analisados, com a ressalva de que, para a área 3, o valor de IAF mostrou-se pouco consistente, quando comparado com CTM4, COB e com os valores de IAF das demais áreas.

A representação de todas estas áreas (trigo e feijão), em um único agrupamento, resultou da semelhança entre os valores dos parâmetros originais para tais áreas.

A análise conjunta das figuras 1 e 2 permitiram delinear o comportamento das culturas, em relação às técnicas utilizadas, a saber:

a) as culturas de trigo se apresentaram distribuídas ao longo do 1º componente principal;

b) as culturas de feijão foram mais heterogêneas, e se distribuíram ao longo dos dois componentes principais;

c) a área 15 (F18) com 51 dias foi a mais próxima de G1, cujo tempo médio de idade foi 45,2 dias, porém, percebemos que esta aproximação se deu

após metade do ciclo para a colheita do mesmo.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados pudemos concluir que as técnicas de estatística multivariada, especificamente a Análise de Agrupamento e de Componentes Principais, são bastante adequadas ao estudo de dados de sensoriamento remoto.

No que se refere à discriminação de culturas, no caso trigo e feijão, a conjugação destas duas técnicas mostrou-se eficiente, ocorrendo confusão apenas quando houve similaridade entre a maioria das variáveis para áreas representando culturas diferentes.

Um ressalva importante é quanto à sistemática de coleta de dados, no que se refere aos diferentes parâmetros utilizados.

Deparamo-nos com uma certa dificuldade em analisar os valores anômalos observados, principalmente, por desconhecer qual ou quais critério(s) fora(m) utilizado(s) para a definição dos valores de níveis de cinza médios para as bandas analisadas e por não apresentar informações adicionais sobre a determinação dos parâmetros COB e IAF, principalmente.

Um sugestão, para facilitar a análise, seria trabalhar separadamente com os parâmetros espectrais (bandas TM1....., TM7) e com os relacionados às condições físicas e químicas das próprias culturas.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

01. CURI, Paulo R. Análise Multivariada. Botucatu, FMVZ - UNESP, 1992. 96p. (Apostila mimeo.)

02. EPIPHANIO, José C. Neves. Avaliação de dados de satélite em estudos agrônômicos de trigo e feijão. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, 1988 180p. (Tese de Doutorado)

03. HUMPHREYS, Rubens D. Aplicação de estatística multivariada no processamento digital de imagens. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, VI, São Paulo, v. 1, 1990. p.135-141.
04. LILLESAND, Thomas M. & KIEFER, Ralph W. Remote Sensing and image interpretation. New York, John Wiley & Sons, 1979. 612p.
05. LINTZ JR, Joseph & SIMONETT, David S. Remote Sensing of Environment. Massachusetts, Addison-Wesley, 1976. 695p.
06. MORRISON, D. F. Multivariate statistical methods. New York, McGraw Hill, 1967. 338p.
07. NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações. São Paulo, Edgard Blücher Ltda, 1989. 308p.
08. SILVA, Antonio J. F. Machado e. Sistema Landsat na Cartografia. São José dos Campos, INPE, 1984. 55p.
09. SNEATH, P. H. A. & SOKAL, R. R. Numeral taxonomy. San Francisco, W. H. Freeman, 1973. 573p.

Fig. 1 - Dendograma ilustrado das interrelações das vinte áreas estudadas, utilizando-se a Distância Euclidiana Média e algoritmo UPGMA. Delimitação dos agrupamentos formados.

Fig. 2 - Componentes Principais (Y1 e Y2) das áreas estudadas. Delimitação dos agrupamentos das áreas similares.95/08/28

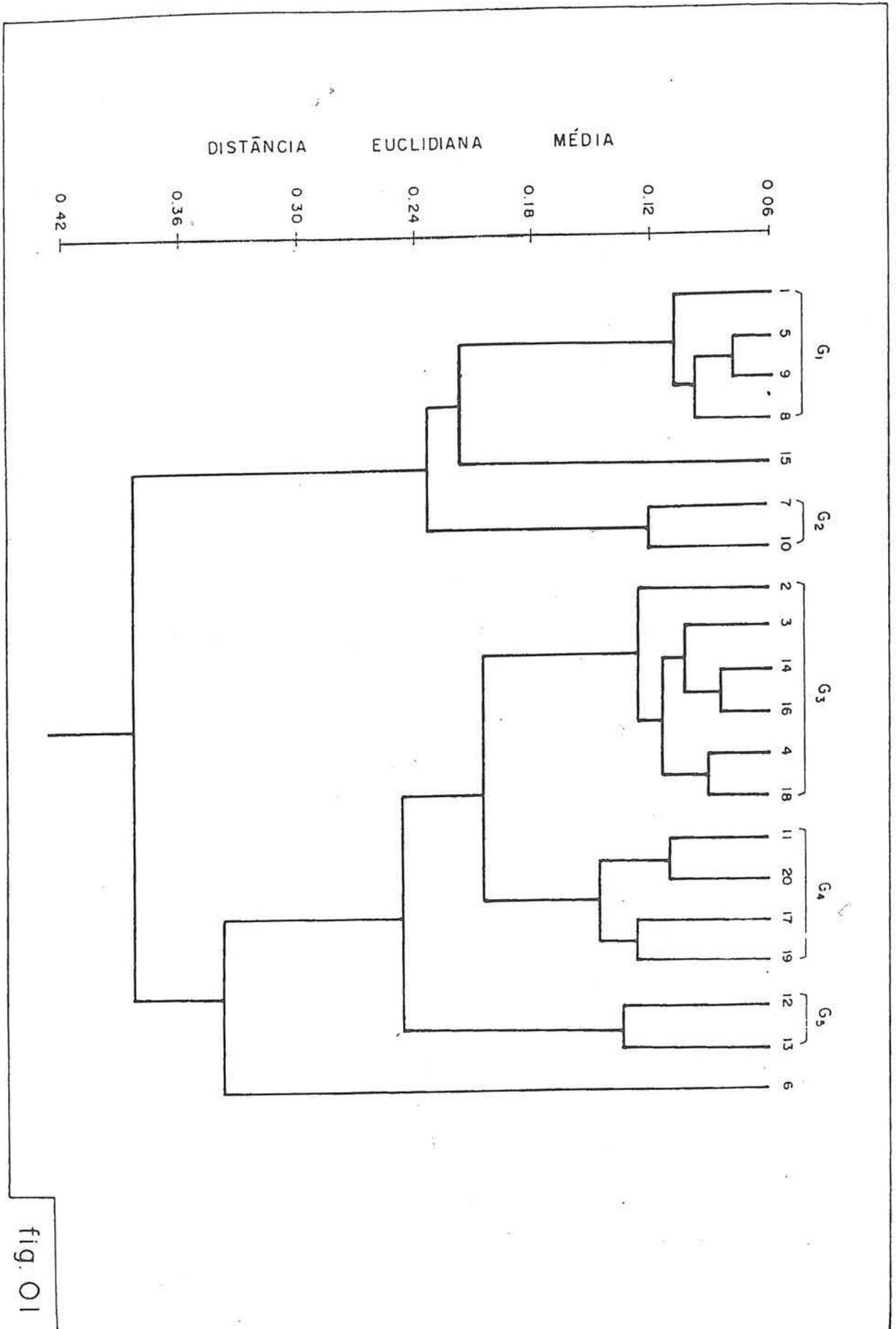


fig. 01

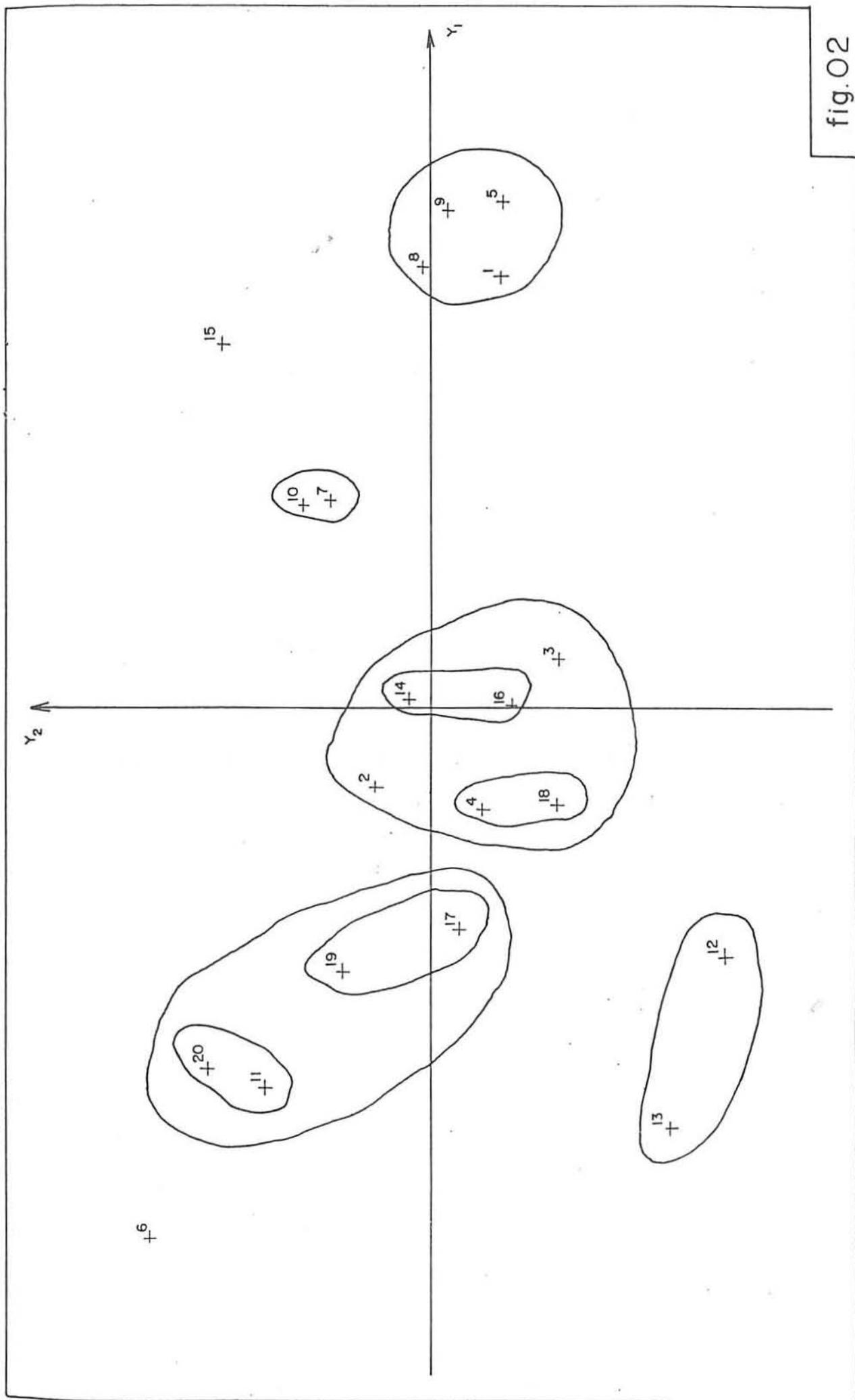


fig.02

CARTA GRAVIMETRICA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

ESCOBAR, I.P., DOS SANTOS, N.P., SOARES, A.J.C., DANTAS, J.J., DIAS, F.J.S.S.

Observatório Nacional - Rio de Janeiro - Brasil

FERREIRA, P.

Escola de Instrução Especializada - Rio de Janeiro - Brasil

O Observatório Nacional - ON é solicitado, com freqüência, a ministrar treinamento em gravimetria a algumas instituições no Brasil. A carta gravimétrica da cidade do Rio de Janeiro é resultado de tal interação. No caso, a instituição que recebeu treinamento foi a Escola de Instrução Especializada - EsIE, Ministério do Exército. Como parte do trabalho foram obtidos os mapas de anomalias de ar livre e Bouguer, na escala de 1:75.000, a partir de uma malha aproximadamente regular de 320 pontos medidos, com espaçamento médio de cerca de 2,7 quilômetros. As observações gravimétricas foram efetuadas com um gravímetro LaCoste & Romberg, modelo G. As altitudes e as coordenadas horizontais foram extraídas de cartas topográficas na escala de 1:2.000, com curvas de nível espaçadas de 1 metro.

THE GRAVIMETRIC CHART OF RIO DE JANEIRO CITY - The "Observatório Nacional - ON" is often requested to give training in gravimetry to some institutions in Brazil. The gravimetric chart of Rio de Janeiro city is a consequence of a such interaction. In this case, the institution in training was the "Escola de Instrução Especializada - EsIE", a school of special instructions of the Brazilian Army. As a part of that work both free air and Bouguer anomaly maps were obtained, on the scale of 1:75,000, from a nearly regular grid of 320 measured points, with mean distance of about 2.7 kilometers. The gravity observations were performed with a LaCoste & Romberg gravimeter, model G. The elevations and horizontal coordinates were obtained from topographic charts on scale of 1:2,000, with level curves spaced of 1 meter.

1. INTRODUÇÃO.

Em 1990, o Observatório Nacional - ON foi solicitado a ministrar um treinamento de gravimetria à Escola de Instrução Especializada - EsIE, Ministério do Exército, Brasil. Tal treinamento tinha como objetivo capacitar os instrutores daquela Escola a ministrarem aulas da disciplina de gravimetria, recém incluída no currículo do curso de topografia. O programa de

treinamento foi elaborado prevendo instruções teóricas e práticas. A parte teórica consistiu dos conceitos básicos envolvidos nas aplicações da gravimetria à Geodésia e à Geofísica. A parte prática, inicialmente, previa instruções operacionais com gravímetros no âmbito da IAGLR. Entretanto, procurando o melhor aproveitamento dos recursos dispendidos, foi planejado um levantamento no município do Rio de Janeiro, capaz de permitir a elaboração da primeira carta gravimétrica da cidade, na escala de 1:75000. Ao mesmo tempo, este trabalho serviu como iniciação ao uso da estação de métodos potenciais, doada ao ON através do convênio Universidade Simon Bolívar / Universidade de Leeds. Este trabalho, portanto, foi concebido dentro de uma visão didática, aliada à intenção de produzir um resultado útil, cuja apresentação será objeto dos próximos itens.

2. PLANEJAMENTO.

O planejamento do trabalho tomou por base a cartografia da cidade, existente nas escalas de 1:2000, 1:10000 e 1:50000. As cartas topográficas na escala de 1:2000 cobrem cerca de 90% da área da cidade, os outros 10% são constituídos por áreas de acesso mais difícil, topografia acidentada e vegetação densa, correspondendo à Serra de Madureira, ao norte, Maciço da Pedra Branca, ao centro, e Maciço da Tijuca a sudeste, cobertas por cartas na escala de 1:10000. As cartas de 1:50000, em número de três, cobrem toda a área da cidade. A distribuição dos pontos foi planejada sobre as cartas topográficas de 1:50000, de modo a se obter uma malha regular com espaçamento médio de cerca de 2,7 quilômetros. A localização de cada ponto foi definida no campo, sobre as cartas de 1:2000 ou, alternativamente, 1:10000.

Foram selecionados e determinados 320 pontos gravimétricos, distribuídos conforme mostra a figura 1. A área central, onde aparece uma lacuna maior, corresponde ao Maciço da Pedra Branca, região montanhosa, de acesso difícil, onde está situado o Pico da Pedra Branca, ponto

culminante da cidade, com 1025 metros de altitude, não sendo possível, dentro do escopo deste trabalho, assegurar o espaçamento médio desejado.

As altitudes dos pontos gravimétricos, bem como suas coordenadas horizontais, foram extraídas das cartas topográficas na escala de 1:2000 ou, alternativamente, 1:10000, ambas representadas no sistema UTM. Nas cartas de 1:2000 o relevo é representado por curvas de nível espaçadas de 1 metro e nas de 1:10000, por curvas espaçadas de 5 metros. Os pontos foram escolhidos, sempre que possível, em locais aproximadamente planos, geralmente cotados nas cartas, de modo a permitir melhor determinação de suas altitudes e minimizar o efeito do terreno nas observações da gravidade. Deste modo, espera-se que as altitudes tenham sido obtidas com precisão melhor do que 0,5 metro, no caso das cartas em 1:2000, e 2 metros, para as cartas em 1:10000 e que as coordenadas horizontais tenham precisão melhor do que 5 metros.

Por facilidade de execução os circuitos gravimétricos partiram e fecharam em uma base gravimétrica implantada na EsIE, a partir da base fundamental existente no Observatório Nacional.

Como o espaçamento adotado entre os pontos gravimétricos é maior do que a largura de uma carta em 1:2000, convencionou-se identificar os pontos com o mesmo código usado para a folha de carta onde se situam. Desse modo, além de se evitar ambiguidades na codificação dos pontos, ficou fácil a sua localização e revisão, sempre que necessário.

3. LEVANTAMENTO GRAVIMÉTRICO.

Os levantamentos gravimétricos foram executados utilizando o gravímetro LaCoste & Romberg, modelo G, série 602, pré-aquecido com antecedência mínima de 24 horas e com os níveis devidamente ajustados.

Uma vez delimitadas, nas cartas em 1:2000, as regiões onde os pontos gravimétricos deveriam se situar, foram planejados e ocupados 29 circuitos, partindo e fechando na base LESTE e/ou ON. sem ocorrência de erro igual ou superior a 0,01 mGal/hora, num intervalo de tempo inferior a 24 horas, para assegurar o controle adequado da deriva instrumental.

Com o objetivo de reduzir o efeito da topografia na gravidade observada, os locais dos pontos foram definidos no campo e assinalados na carta, em áreas, tanto quanto possível, planas. Para tanto foram escolhidos, sempre que possível, cruzamentos de ruas, pátio de casas ou outros locais que pudessem ser considerados planos, pelo menos dentro do raio de 5 metros em torno do ponto de observação.

Em cada ponto foram tomadas 2 leituras do gravímetro em intervalo de tempo inferior a 2 minutos, de modo tal que fossem coincidentes dentro do centésimo de miligal.

4. REDUÇÃO DOS DADOS

Uma vez identificados nas cartas, os pontos gravimétricos tiveram suas altitudes e coordenadas horizontais extraídas das cartas topográficas existentes, conforme foi explanado no item 2. As leituras gravimétricas, altitudes e coordenadas planas constituem os dados primários de trabalho. A redução desses dados compreende os cálculos das correções do terreno, ar livre e Bouguer, objetivando o cálculo das anomalias.

Para o cálculo das correções do terreno foi utilizado o programa TRITER desenvolvido pelo "Geological Survey of Canada - GSC" e gentilmente cedido ao Observatório Nacional. Tal programa representa o terreno circunvizinho ao ponto gravimétrico por prismas triangulares de topos inclinados a partir de um conjunto de pontos do terreno, irregularmente espaçados, cujas coordenadas tenham sido obtidas por digitalização de cartas existentes. Opcionalmente, pode-se utilizar uma grade regular, em torno do ponto gravimétrico, em substituição ou adição aos pontos

irregularmente espaçados, de modo a se definir melhor o efeito do terreno na região mais próxima, até um raio de 3 quilômetros. A grade regular é obtida com o auxílio de um gabarito transparente, fornecido na escala de 1:50000, que é sobreposto à carta de mesma escala, com centro no ponto gravimétrico. Outras escalas de cartas podem ser usadas com os respectivos gabaritos.

Para a obtenção do arquivo de pontos irregularmente espaçados foram digitalizadas as curvas mestras das 3 cartas existentes na escala de 1:50000 acrescidas dos pontos cotados, de modo a caracterizar as feições do terreno o mais fielmente possível.

Para definir melhor o efeito do terreno nos pontos situados em regiões de relevo muito acidentado, como os Maciços da Pedra Branca e da Tijuca, e a Serra de Madureira, foram utilizados os gabaritos transparentes, para obtenção das grades regulares nas circunvizinhanças desses pontos.

As correções do terreno foram obtidas considerando um raio de influência de 6 quilômetros em torno de cada ponto e densidade média de $2,67 \text{ g/cm}^3$.

As anomalias de ar livre e Bouguer foram obtidas utilizando o programa TRAVRED, do sistema GRAVSYS, desenvolvido pelo GSC. O programa reduz os dados dos circuitos, corrigindo as leituras gravimétricas dos efeitos sistemáticos conhecidos: função de calibração do gravímetro, deriva e maré luni-solar, calculando, em seguida, os valores de gravidade e as anomalias em cada ponto. As anomalias são calculadas com base na formulação usual, utilizando para a gravidade normal, correção de latitude, a fórmula internacional de 1967 e para densidade média o valor de $2,67 \text{ g/cm}^3$.

5. CARTAS DE ANOMALIAS DE AR LIVRE E BOUGUER.

As cartas de anomalia de ar livre e Bouguer, figuras 2 e 3, respectivamente, foram traçadas na escala de 1:75000, no sistema UTM, com a utilização do programa SURFER, prescrevendo-se

em ambos os casos uma grade de 2 x 2 quilômetros, interpolada pelo método de Kriging, a partir dos dois pontos mais próximos para cada octante, dentro de uma distância máxima de 20 quilômetros. A grade interpolada foi suavizada pela aplicação de "splines" cúbicas e as curvas submetidas ao algoritmo de "smooth".

O intervalo entre curvas iso-anômalas para a carta de anomalia Bouguer foi fixado em 1 mGal, visto que em cerca de 90% dos casos o erro de altitude (cartas em 1:2000), associado ao erro de observação gravimétrica, não resultaram em erro maior do que 0,3 mGal nos valores das anomalias calculadas nos pontos gravimétricos. Raciocínio análogo poderia ser utilizado para fixar o mesmo intervalo entre iso-anômalas de ar livre, contudo o forte gradiente vertical desta anomalia, em decorrência do relevo acidentado (a anomalia de ar livre apresenta uma correlação direta com a altitude), resultaria numa densidade de curvas muito grande para a escala da carta. Assim, optou-se pela adoção do intervalo de 3 mGal entre curvas iso-anômalas de ar livre.

O processamento dos dados, bem como o traçado das cartas foram realizados utilizando-se a estação de métodos potenciais doada pelo convênio Universidade Simon Bolivar / Universidade de Leeds, que consiste, basicamente, dos seguintes equipamentos: Plotter 4000P e plot server plus, marca IO-LINE, CPU 286/16 MHz, monitor monocromático Gold Star 12", monitor NEC 14", MultiSync 2A e uma impressora EPSON LQ-2550.

6. COMENTÁRIOS SOBRE AS CARTAS DE ANOMALIAS.

A carta de anomalia de ar livre reflete de modo geral o relevo do Rio de Janeiro, observando-se a SE o alto representativo do Maciço da Tijuca, ao norte, já nos limites da cidade, a Serra de Madureira e ao centro o Maciço da Pedra Branca. Na realidade era esperada uma manifestação mais destacada do relevo do Maciço da Pedra Branca, em decorrência das grandes altitudes ali encontradas, entretanto, a tênue resposta daquela área pode estar associada à lacuna

de pontos gravimétricos, que funciona como uma espécie de filtro, suavizando o efeito da topografia. Melhor resultado deve ser obtido com a inclusão de pontos adicionais.

A carta de anomalia Bouguer de modo geral apresenta um aspecto regular, sem anomalias relevantes, refletindo a natureza homogênea da geologia da cidade, que é composta quase que totalmente por uma estrutura de granitos e gnaisses, com destaque para a região do Maciço da Tijuca, onde se encontram as rochas mais densas, que causam o alto observado na carta. O Maciço da Pedra Branca embora apresente geologia similar àquela encontrada na Tijuca, não é perceptível na carta, provavelmente devido à atenuação em decorrência da lacuna de observações gravimétricas na área.

A área da Serra de Madureira, apresenta anomalia típica de área continental, onde o baixo gravimétrico, levemente mais acentuado, pode ser atribuído ao efeito da compensação isostática.

7. CONCLUSÕES.

Apesar de ter finalidade eminentemente didática, este trabalho mostra que é possível, pela associação dos interesses de algumas instituições, lograr-se um benefício maior, que pode extrapolar os próprios limites institucionais e atender interesses mais abrangentes, sem prejuízo dos objetivos primitivos, que foram plenamente alcançados.

Não se procurou aqui fazer uma interpretação da estrutura geológica da área levantada. Para tanto é necessário um pouco mais de trabalho que ainda não está concluído. A lacuna de observações gravimétricas em uma área importante prejudica parcialmente a análise interpretativa dos dados. Pretende-se, portanto, antes de mais nada, realizar-se um esforço no sentido de se adicionar alguns pontos gravimétricos na área do Maciço da Pedra Branca para se ter uma idéia mais exata da resposta daquela estrutura na anomalia da gravidade.

8. BIBLIOGRAFIA.

1. BRASIL. Observatório Nacional. Rede Gravimétrica Fundamental Brasileira. Rio de Janeiro, 1987.
2. CANADA. Geological Survey of Canada. Gravity data processing system - GRAVSYS. User Guide. Ottawa, 1988.
3. ESTADOS UNIDOS. Defense Mapping Agency Topographic Center. General land gravity survey instructions. s.l., 1974. 50p.
4. RUPERT, J. TRITER - A gravitational terrain correction program for IBM compatible personal computers, version 2.21. Geological Survey of Canada, open file 1834. 1988.
5. SAZHINA, N. & GRUSHINSKY, N. Gravity prospecting. Moscou, Mir Publishers, 1971. 491p.
6. VANICEK, P. & KRAKIWSKY, E.J. Geodesy: the concepts. Amsterdam, North-Holland, 1986. 697p.

PROGRAMAS DE CALCULO GEODÉSICO
TRANSFORMAÇÕES DE COORDENADAS

Genaro Araújo da Rocha
Rua Visconde de Pirajá, 443/501
22410-003 - Rio de Janeiro - RJ

RESUMO

O autor acredita que é importante relembrar assuntos de interesse de estudantes e de profissionais da área da Cartografia em início de carreira.

No caso das transformações de coordenadas geodésicas, o tema é sempre oportuno, pelas exigências do desenvolvimento da Cartografia e, em especial, quando se modificam os processos e equipamentos de cálculo.

Com este pensamento, o autor preparou dois programas genéricos para transformação de coordenadas e sistemas geodésicos utilizando microcomputadores, a partir de modelos matemáticos já testados por organizações nacionais da área cartográfica, em programas desenvolvidos para calculadora manual.

Um dos programas transforma coordenadas geodésicas de um sistema em coordenadas planas, em outro sistema, e o segundo programa transforma coordenadas planas de um sistema em coordenadas planas, em outro sistema.

O objetivo do trabalho é dar continuidade, embora que modestamente, à divulgação de conhecimentos nessa área.

ABSTRACT

The author believes that is important to remind basic knowledges that have interest to our students and junior professionals of the cartographic area, because of the recent changes in methods and instruments of computation.

For that reason, he made use of mathematical models which have already been proved by national organizations and has developed, in Qbasic language, two generical programs used in coordinates and geodetic systems transformation.

One program transforms geodetic coordinates of a system into plane coordinates of another system. The second program transforms plane coordinates of a system into plane coordinates of another system.

INTRODUÇÃO

As várias mudanças observadas nos últimos tempos, nos processos e equipamentos de cálculo utilizados na abordagem das questões geodésicas, tornaram necessárias a reprogramação e a divulgação de soluções de problemas básicos, na área da Cartografia.

A ênfase dada ao cálculo de transformações de coordenadas e sistemas geodésicos se justifica pela diversidade de sistemas existentes, pela popularização do emprego de instrumentos e métodos de obtenção de coordenadas geodésicas através de rastreamento de satélites artificiais e pelas exigências da representação cartográfica no plano das projeções.

Embora seja este um assunto muito conhecido de profissionais experientes, julgamos de alguma valia abordá-lo, visando lembrá-lo junto a estudantes e profissionais da área cartográfica em início de carreira.

EVOLUÇÃO RECENTE DOS PROCESSOS DE CÁLCULO

Em 1957, a então Diretoria do Serviço Geográfico do Exército (DSG) publicou o trabalho do Cel. Carlos Braga Chagas sob o título "O SISTEMA DE PROJEÇÃO UTM (UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR) E SEU EMPREGO NA ELABORAÇÃO DE CARTAS TOPOGRÁFICAS", onde se pode apreciar o didatismo do autor e a profusão de ensinamentos, mas onde, também, se constata que os cálculos eram ainda dependentes de tabelas. Este processo a DSG utilizou desde 1937, de acordo com a sua publicação "PROJEÇÃO CONFORME DE GAUSS" (DSG 1946), e já era um avanço, porque ainda se fazia uso das taboas de logaritmos.

Esta situação se manteve por mais alguns anos, até o surgimento das calculadoras programáveis.

Em julho de 1981, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) divulgou o trabalho do Eng. Jorge Pinto Gomes, da Superintendência de Geodesia, intitulado TRANSFORMAÇÕES DE COORDENADAS GEODÉSICAS \leftrightarrow UTM E TRANSFORMAÇÕES DE SISTEMAS GEODÉSICOS, no qual são apresentados programas para a solução dos problemas citados, com emprego da calculadora HP.97.

No trabalho, como o do Cel. Chagas, destinado à divulgação de conhecimentos, o autor teve o louvável cuidado de registrar os modelos matemáticos empregados, tornando muito cômodas as tarefas de reprogramação para cálculo em outros equipamentos ou linguagens.

Inspirados nestes exemplos e utilizando as equações citadas no trabalho acima referido, desenvolvemos, em 1992, uma série de programas específicos, para computação eletrônica, fazendo uso de um microcomputador 286, o sistema operacional MS-DOS 5 e o programa interpretador Qbasic, de linguagem muito conveniente para o tratamento de problemas matemáticos.

Englobando esses programas específicos, preparamos dois programas

genéricos, os quais trazemos a público nesta oportunidade, certos de que existem muitos outros programas mais poderosos e melhor estruturados, mas de escassa ou nenhuma divulgação, entre nós, do seu desenvolvimento, lacuna que almejamos suprir.

PROGRAMAS PARA CALCULO ELETRONICO

Os programas receberam as denominações de GEOXPLNY.BAS e PLANO X-Y.BAS e se destinam, respectivamente, à solução dos seguintes problemas:

- 1- Conhecidas as coordenadas geodésicas de um ponto em um sistema, determinar as coordenadas geodésicas e as coordenadas planas, em outro sistema, e a distancia entre as superficies elipsoidais, no ponto.
- 2- Conhecidas as coordenadas planas de um ponto em um sistema, determinar as coordenadas geodésicas e as coordenadas planas, em outro sistema, e a distancia entre as superficies elipsoidais no ponto.

São programas abrangentes, porque, ao passar de coordenadas geodésicas em um sistema, para coordenadas planas, em outro sistema, determinam-se também as coordenadas geodésicas no segundo sistema e, ao passar de coordenadas planas em um sistema para coordenadas planas, em outro sistema, determinam-se, também, as coordenadas geodesicas em ambos os sistemas.

De um programa genérico podem ser derivados vários programas específicos, bastando, em cada caso, eliminar, na área de entrada de dados (INPUT) e transferir para a área de cálculo os elementos conhecidos dos sistemas envolvidos.

Exemplo:

Na transformação de coordenadas UTM/ CORREGO ALEGRE para coordenadas UTM/ SAD 69, são elementos conhecidos os semi-eixos maiores e os achatamentos dos elipsoides dos sistemas, os parâmetros de translação entre os sistemas e os valores de N_0 , E_0 e K_0 da projeção UTM.

Assim, o programa PLANO X-Y.BAS transforma-se no programa, digamos, UTMCASAD.BAS, que pede, como dados de entrada, apenas o nome do ponto, suas coordenadas UTM e a longitude do meridiano central do fuso de interesse.

Os programas estão listados para emprego em computador ligado à impressora e para cálculos contínuos.

Para uso sem impressora, devem ser substituídos os comandos LPRINT por PRINT e, para interromper a sequência de cálculos, pressionar, simultaneamente, as teclas "Ctrl" e "Break". Para que o programa deixe de efetuar cálculos seguidos, retirar a instrução GOTO 1 (última).

Os programas têm aplicação direta no hemisfério sul, a oeste de Greenwich.

Para o hemisfério norte, há observações a fazer.

Como a programação se destina a cobrir o território brasileiro, cuja porção norte é, proporcionalmente, pequena, as latitudes e longitudes entram no cálculo sempre com o sinal negativo.

Devido a isto, na transformação de graus e fração em graus, minutos e segundos, com uso da função FIX do Qbasic, é necessária uma multiplicação por -60, para retirar o sinal negativo deixado pela função, quando separa os inteiros das frações.

Este artifício, inconveniente quando aplicado às latitudes norte, causa o aparecimento, na saída das latitudes, de sinais negativos esdrúxulos, facilmente reconhecíveis e descartáveis.

Quem desejar modificar os programas, para torná-los mais abrangentes, deve observar que:

1 - (Programa PLANOXY.BAS)

No hemisfério sul, N_0 da projeção UTM = 10 000 000; no hemisfério norte, $N_0 = 0$, o que torna $N_2 = (N_1 - N_0) / K_0$ negativo no hemisfério sul e positivo no hemisfério norte.

2 - (Programa GEOXPLNY.BAS)

A latitude entra sem sinal, (portanto positiva), mas, na primeira instrução de cálculo, ela muda de sinal e, daí em diante, tudo se passa como se o ponto estivesse no hemisfério sul.

Os programas pretendem ser compreensíveis, porque explicitam todo o desenvolvimento dos cálculos, permitindo o controle das operações em qualquer etapa, bastando acrescentar o comando LPRINT ou PRINT após a instrução a verificar.

Os programas foram testados, repetindo os exemplos dados no trabalho do Eng. J.P.Gomes, sem qualquer discrepância.

Os pontos do trabalho não têm denominação, e atribuímos aos mesmos nomes fictícios (PRIMEIRO, SEGUNDO, etc.) acompanhando a ordem de apresentação dos exemplos.

Os programas também foram testados, realizando-se transformações sobre as coordenadas da estação IPIRAJA, do IBGE, que é idêntica ao vértice PEDRA BRANCA, da triangulação principal do Município do Rio de Janeiro, bem como sobre o ponto QUILOMBO (latitude aproximada de 30 graus), do trabalho do Cel. Chagas.

Todas as equações registradas no trabalho do Eng. Jorge Pinto Gomes, com exceção de uma, foram aplicadas neste, em Qbasic, cuja linguagem de representação matemática é muito próxima da usual. A exceção é para as fórmulas de obtenção de "A" (coeficiente função do achatamento do elipsoide), com utilização de apenas uma, por serem as duas equivalentes até a nona casa decimal.

BIBLIOGRAFIA

- ABIB, O.A. Parâmetros de transformação de datum WGS 72/ SAD.69, Revista Brasileira de Cartografia (RBC) nº 20, 1978.
- ANDRADE, J.B. Determinação simultânea de parâmetros de transformação entre referenciais geodésicos e de desníveis geoidais, R.B.C nº 37, 1984.
- ANDRADE, J.B. Transformação NSWC 9Z-2 / SAD.69 e mapa geoidal SAD 69, R.B.C. nº 44, 1991.
- CHAGAS, C.B. O sistema de projeção UTM e seu emprego na elaboração de cartas topográficas, Notas para o Curso de Sargentos Topógrafos, DSG, 1957.
- FORTES, L.P.S.; CAGNIN, I.F.; GODOY, R.A.Z.; BLITZKOW, D. Determinação dos parâmetros de transformação entre os sistemas NWL-10, NSWC-9Z2, WGS-84 e o SAD 69, Anais do XIV C.B.C., Vol.1, GRAMADO, RS, 1989.
- GOMES, J.P. Transformações de coordenadas geodésicas <---> UTM e transformações de sistemas geodésicos, publ. IBGE, julho/1981.
- KADLEC, F.A.; GOMES, J.P. Cálculo de parâmetros de transferências de sistemas geodésicos, R.B.C. nº 22, 1978.
- KRUKOSKI, W.R.M. Transformação de coordenadas plano retangulares Notas para aula, IME.
- KRUKOSKI, W.R.M. Transformação de datum geodésico, R.B.C., nº 11/74
- PERRY, G.M. Qbasic by example, publ. QUE, Indianópolis, IN, 1992
- ROCHA, G.A. A Cartografia brasileira e a geodésia por satélites, V C.B.C., Brasília, D.F., publ. S.A. Cruzeiro do Sul S.A., Rio de Janeiro, 1971.
- RODRIGUEZ, L.V. O problema do datum geodésico, Tese de concurso para Docência Livre, EPUSP, São Paulo, 1957.
- RODRIGUEZ, L.V. O datum geodésico do Chuá, R.B.C. nº 19, 1977.
- SANTOS, V.C.; MESQUITA, S.M. Transposição do datum geodésico, Anais do VII C.B.C., SÃO PAULO, 1975.
- SILVA, L.F.C. Transformação de coordenadas, uma alternativa, R.B.C. nº 37, 1984.

PROGRAMA, EM QBASIC, PARA TRANSFORMACAO DE SISTEMAS
 - DE GEODESICO X PARA PLANO Y -
 GEOXPLNY.BAS

ESTE PROGRAMA PROCESSA A TRANSFORMACAO DAS COORDENADAS GEODESICAS DE UM PONTO, DADAS EM UM SISTEMA (S1), PARA COORDENADAS PLANAS EM OUTRO SISTEMA (S2), COM DETERMINACAO INTERMEDIARIA DA LATITUDE E DA LONGITUDE NO S2 E DA DISTANCIA ENTRE AS SUPERFICIES ELIPSOIDAIAS, NO PONTO, SE DEFINIDOS OS DOIS SISTEMAS, OS PARAMETROS DE TRANSLACAO ENTRE AMBOS E AS CARACTERISTICAS DA PROJECAO.

CLS

```

1 INPUT " (Dados do Programa GEOXPLNY.BAS)      NOME DO PONTO: "; NOME$
INPUT " Semi-eixo maior do elip.no S1,em metros= "; SEMS1#
INPUT " Achatamento do elipsoide no S1,em decimais= "; ACHS1#
INPUT " Semi-eixo maior do elips.no S2, em metros= "; SEMS2#
INPUT " Achatamento do elipsoide no S2,em decimais= "; ACHS2#
INPUT " Translacao Delta X do S1 para o S2= "; DX#
INPUT " Translacao Delta Y do S1 para o S2= "; DY#
INPUT " Translacao Delta Z do S1 para o S2= "; DZ#
INPUT " LATITUDE do ponto no S1,sem sinal, GRAUS= "; GRAULAT1#
INPUT "                               MINUTOS= "; MINLAT1#
INPUT "                               SEGUNDOS= "; SEGLAT1#
INPUT " LONGITUDE do ponto no S1,sem sinal,GRAUS= "; GRAULONG1#
INPUT "                               MINUTOS= "; MINLONG1#
INPUT "                               SEGUNDOS= "; SEGLONG1#
INPUT " NO do meridiano central= "; NO#
INPUT " EO do meridiano central= "; EO#
INPUT " Fator de escala no meridiano central, KO= "; KO#
INPUT " Longit.do merid.central,em graus,com sinal negativo= "; LOG#

LPRINT "GEOXPLNY.BAS"
LPRINT " NOME DO PONTO: "; NOME$

FGS1# = (GRAULAT1# + MINLAT1# / 60 + SEGLAT1# / 3600) * -1
LPRINT " LATITUDE NO S1, em graus e fracao "; FGS1#

FRS1# = FGS1# / 57.295779513#      '(Latitude do ponto em radianos)

LGS1# = (GRAULONG1# + MINLONG1# / 60 + SEGLONG1# / 3600) * -1
LPRINT "LONGITUDE NO S1, em graus e fracao "; LGS1#

LRS1# = LGS1# / 57.295779513#      '(Longitude do ponto, em radianos)

e1Q# = ACHS1# * (2 - ACHS1#)      '(Primeira excentricidade do S1)
EP1# = e1Q# / (1 - e1Q#)         '(Segunda excentricidade do S1)

N1# = SEMS1# / (1 - e1Q# * SIN(FRS1#) ^ 2) ^ (1 / 2) '(Raio curvatura
do primeiro vertical
M1# = N1# / (1 + EP1# * COS(FRS1#) ^ 2)              'é da secao meridiana

DSEM# = SEMS2# - SEMS1#
DACH# = ACHS2# - ACHS1#

```

^CALCULO DA LATITUDE E DA LONGITUDE DO PONTO NO SISTEMA S2

```

DFR# = 1 / M1# * ((SEMS1# * DACH# + ACHS1# * DSEM#) * SIN(2 * FRS1#) - DX# *
SIN(FRS1#) * COS(LRS1#) - DY# * SIN(FRS1#) * SIN(LRS1#) + DZ# * COS(FRS1#))

DFG# = DFR# * 57.295779513#

DLR# = 1 / (N1# * COS(FRS1#)) * (-DX# * SIN(LRS1#) + DY# * COS(LRS1#))

DLG# = DLR# * 57.295779513#

FGS2# = FGS1# + DFG#           ^ (Latit.do ponto no S2,em graus e fracao)
LPRINT "LATITUDE NO S2, em graus e fracao= "; FGS2#

LGS2# = LGS1# + DLG#           ^ (Longit.do ponto no S2,em graus e fracao)
LPRINT "LONGITUDE NO S2, em graus e fracao= "; LGS2#

GRAULAT2# = FIX(FGS2#)           ^ (Transformacao de graus e
                                ^ fracao de latitude e lon-
                                ^ gitude em graus, minutos e
                                ^ segundos)

MINDECLAT2# = (FGS2# - GRAULAT2#) * -60

MINLAT2# = FIX(MINDECLAT2#)

SEGLAT2! = (MINDECLAT2# - MINLAT2#) * 60

LPRINT "LAT/S2,em GMS= "; TAB(22); GRAULAT2#; TAB(26); MINLAT2#; TAB(30); SE
GLAT2!

GRAULONG2# = FIX(LGS2#)

MINDECLONG2# = (LGS2# - GRAULONG2#) * -60

MINLONG2# = FIX(MINDECLONG2#)

SEGLONG2! = (MINDECLONG2# - MINLONG2#) * 60

LPRINT " LONG/S2,em GMS= "; TAB(22); GRAULONG2#; TAB(26); MINLONG2#; TAB(30)
; SEGLONG2!

```

^CALCULO DA DISTANCIA ENTRE AS SUPERFICIES ELIPSOIDAIAS, NO PONTO.

```

DN! = (SEMS1# * DACH# + ACHS1# * DSEM#) * SIN(FRS1#) ^ 2 - DSEM# + DX# * COS
(FRS1#) * COS(LRS1#) + DY# * COS(FRS1#) * SIN(LRS1#) + DZ# * SIN(FRS1#)

LPRINT "Delta N, diferenca de geoondulacao (S2-S1), no ponto = "; DN!

```

^CALCULO DAS COORDENADAS PLANAS DO PONTO, NO SISTEMA S2

FRS2# = FGS2# / 57.295779513# ^ (Latit.do ponto no S2, em radianos)

R2# = SEMS2# / (1 - ACHS2#) ^ (Raio polar no S2)

n# = (2 / ACHS2# - 1) ^ -1 ^ (Coeficientes funcao do achatamento)

A2# = 1 - n# / 4 * (12 + n# * (31 * n# - 21))

B2# = n# / 4 * (12 + n# * (15 + 13 * n#))

C2# = 5 * n# / 72 * (36 + 67 * n#)

D2# = 28 * n# / 9

S# = A2# * (FRS2# - B2# * COS(FRS2#) ^ 2 * TAN(FRS2#) * (1 + C2# * COS(FRS2#) ^ 2 * (D2# * COS(FRS2#) ^ 2 - 1))) * R2# * K0# ^ (Distancia sobre o meridiano)

LRS2# = LGS2# / 57.295779513# ^ (Longitude do ponto no S2, em radianos)

LOR# = LOG# / 57.295779513# ^ (Longitude do merid,central em radianos)

e2Q# = ACHS2# * (2 - ACHS2#) ^ (Primeira excentricidade do S2)

EP2# = e2Q# / (1 - e2Q#) ^ (Segunda excentricidade do S2)

ETAQ2# = EP2# * COS(FRS2#) ^ 2

V2# = (1 + ETAQ2#) ^ (1 / 2)

DL# = LRS2# - LOR#

DS# = R2# * K0# * TAN(FRS2#) / (2 * V2#) * (COS(FRS2#) * DL#) ^ 2 * (1 + (COS(FRS2#) * DL#) ^ 2 / 12 * (5 - TAN(FRS2#) ^ 2 + ETAQ2# * (9 + 4 * ETAQ2#) + 2 * COS(FRS2#) * DL#) ^ 2 * (1 + TAN(FRS2#) ^ 2 * (TAN(FRS2#) ^ 2 / 60 - 1))))

E1# = R2# * K0# * COS(FRS2#) * DL# / V2# * (1 + (COS(FRS2#) * DL#) ^ 2 / 6 * (1 - TAN(FRS2#) ^ 2 + ETAQ2# + (COS(FRS2#) * DL#) ^ 2 / 20 * (5 + TAN(FRS2#) ^ 2 * (TAN(FRS2#) ^ 2 - 18))))

N2# = S# + DS# + N0#

E2# = E1# + E0#

LPRINT "N DO PONTO no S2, em metros=" "; N2#

LPRINT "E DO PONTO no S2, em metros=" "; E2#

GOTO 1

PROGRAMA, EM QBASIC, PARA TRANSFORMACAO DE SISTEMAS
 - DE PLANO X PARA PLANO Y -
 PLANOX -Y.BAS

ESTE PROGRAMA PROCESSA A TRANSFORMACAO DAS COORDENADAS PLANAS DE UM PONTO, DADAS EM UM SISTEMA (S1), PARA COORDENADAS PLANAS EM OUTRO SISTEMA (S2), COM DETERMINACAO INTERMEDIARIA DA LATITUDE E DA LONGITUDE NO S1 E NO S2 E DA DISTANCIA ENTRE AS SUPERFICIES ELIPSOIDAIS, NO PONTO, SE DEFINIDOS OS DOIS SISTEMAS, OS PARAMETROS DE TRANSLACAO ENTRE AMBOS E AS CARACTERISTICAS DA PROJECAO.

CLS

```
1 INPUT "(Dados do Programa PLANOX-Y.BAS) NOME DO PONTO: "; NOME$
INPUT "Semi-eixo maior do elip.no S1,em metros= "; SEMS1#
INPUT "Achatamento do elip.no S1,em decimais= "; ACHS1#
INPUT "Semi-eixo maior do elip.no S2,em metros= "; SEMS2#
INPUT "Achatamento do elip.no S2,em decimais+ "; ACHS2#
INPUT "Translacao Delta X do S1 para o S2= "; DX#
INPUT "Translacao Delta Y do S1 para o S2= "; DY#
INPUT "Translacao Delta Z do S1 para o S2= "; DZ#
INPUT "NO do meridiano central= "; NO#
INPUT "EO do meridiano central= "; EO#
INPUT "Fator de escala no meridiano central,KO= "; KO#
INPUT "Longitude do merid.central,em graus,com sinal negativo= "; LOG#
INPUT " N DO PONTO no S1, em metros= "; N1#
INPUT " E DO PONTO NO S1, em metros= "; E1#
```

```
LPRINT ; "PLANOX-Y.BAS"
LPRINT " NOME DO PONTO: "; NOME$
LPRINT " N DO PONTO NO S1 "; N1#
LPRINT " E DO PONTO NO S1 "; E1#
```

CALCULO, EM RADIANOS, DA LATITUDE (FP), SOBRE O MERIDIANO CENTRAL,
 DO PE DA PERPENDICULAR DO PONTO.

R1# = SEMS1# / (1 - ACHS1#)

n# = (2 / ACHS1# - 1) ^ -1

A1# = 1 - n# / 4 * (12 + n# * (31 * n# - 21))

F1# = 1 - A1# + .14 * 10 ^ -9

G1# = 3.5 * n# * (1 - n# / .3269)

H1# = 1.388 * G1#

N2# = (N1# - NO#) / KO#

E2# = (E1# - EO#) / KO#

WR# = N2# / (A1# * R1#)

FP# = WR# + F1# * COS(WR#) ^ 2 * TAN(WR#) * (1 + G1# * COS(WR#) ^ 2 * (1 + H1# * COS(WR#) ^ 2))

^CALCULO DA LATITUDE E DA LONGITUDE DO PONTO NO SISTEMA S1.

e1Q# = ACHS1# * (2 - ACHS1#)

EP1# = e1Q# / (1 - e1Q#)

ETAQ1# = EP1# * COS(FP#) ^ 2

VQ1# = 1 + ETAQ1#

V1# = VQ1# ^ (1 / 2)

Q1# = V1# / R1# * E2#

FRS1# = FP# + TAN(FP#) * Q1# ^ 2 / 2 * (-1 - ETAQ1# + Q1# ^ 2 / 12 * (5 + 3 *
(TAN(FP#) ^ 2 * (1 - ETAQ1# * (2 + 3 * ETAQ1#)) + ETAQ1# * (2 - ETAQ1#)) - Q1#
2 / 2 * (4 + 3 * TAN(FP#) ^ 2 * (2 + TAN(FP#) ^ 2))))

FGS1# = FRS1# * 57.295779513# (Latitude do pt.no S1, em graus e fracao)
LPRINT " LATITUDE NO S1, em graus e fracao "; FGS1#

DL1COSFP# = Q1# * (1 - Q1# ^ 2 / 6 * (1 + 2 * TAN(FP#) ^ 2 + ETAQ1# - Q1# ^ 2
/ 20 * (5.05 + 4 * TAN(FP#) ^ 2 * (7 + 6 * TAN(FP#) ^ 2))))

DL1# = DL1COSFP# / COS(FP#)

LOR# = LOG# / 57.295779513#

LRS1# = LOR# + DL1#

LGS1# = LRS1# * 57.295779513# (Longitude do pt.no S1, em graus e fracao)
LPRINT " LONGITUDE NO S1, em graus e fracao "; LGS1#

GRAULAT1# = FIX(FGS1#)

MINDECLAT1# = (FGS1# - GRAULAT1#) * -60

MINLAT1# = FIX(MINDECLAT1#)

SEGLAT1# = (MINDECLAT1# - MINLAT1#) * 60

LPRINT "LATIT/S1, em GMS= "; TAB(22); GRAULAT1#; TAB(26); MINLAT1#; TAB(30);
SEGLAT1#

GRAULONG1# = FIX(LGS1#)

MINDECLONG1# = (LGS1# - GRAULONG1#) * -60

MINLONG1# = FIX(MINDECLONG1#)

SEGLONG1# = (MINDECLONG1# - MINLONG1#) * 60

LPRINT " LONGIT/S1, em GMS= "; TAB(22); GRAULONG1#; TAB(26); MINLONG1#; TAB(30);
SEGLONG1#

^CALCULO DA LATITUDE E DA LONGITUDE DO PONTO NO SISTEMA S2.

$N11\# = SEMS1\# / (1 - e1Q\# * SIN(FRS1\#) ^ 2) ^ (1 / 2)$

$M1\# = N11\# / (1 + EP1\# * COS(FRS1\#) ^ 2)$

$DSEM\# = SEMS2\# - SEMS1\#$

$DACH\# = ACHS2\# - ACHS1\#$

$DFR\# = 1 / M1\# * ((SEMS1\# * DACH\# + ACHS1\# * DSEM\#) * SIN(2 * FRS1\#) - DX\# * SIN(FRS1\#) * COS(LRS1\#) - DY\# * SIN(FRS1\#) * SIN(LRS1\#) + DZ\# * COS(FRS1\#))$

$DFG\# = DFR\# * 57.295779513\#$

$DLR\# = 1 / (N11\# * COS(FRS1\#)) * (-DX\# * SIN(LRS1\#) + DY\# * COS(LRS1\#))$

$DLG\# = DLR\# * 57.295779513\#$

$FGS2\# = FGS1\# + DFG\#$ ^ (Latitude do pt. no S2, em graus e fracao)
LPRINT " LATITUDE NO S2, em graus e fracao "; FGS2#

$LGS2\# = LGS1\# + DLG\#$ ^ (Longitude do pt.no S2, em graus e fracao)
LPRINT " LONGITUDE NO S2, em graus e fracao "; LGS2#

$GRAULAT2\# = FIX(FGS2\#)$

$MINDECLAT2\# = (FGS2\# - GRAULAT2\#) * -60$

$MINLAT2\# = FIX(MINDECLAT2\#)$

$SEGLAT2! = (MINDECLAT2\# - MINLAT2\#) * 60$

LPRINT "LATIT/S2, em GMS= "; TAB(22); GRAULAT2#; TAB(26); MINLAT2#; TAB(30);
SEGLAT2!

$GRAULONG2\# = FIX(LGS2\#)$

$MINDECLONG2\# = (LGS2\# - GRAULONG2\#) * -60$

$MINLONG2\# = FIX(MINDECLONG2\#)$

$SEGLONG2! = (MINDECLONG2\# - MINLONG2\#) * 60$

LPRINT "LONGIT/S2, em GMS= "; TAB(22); GRAULONG2#; TAB(26); MINLONG2#; TAB(30);
SEGLONG2!

^CALCULO DA DISTANCIA ENTRE AS SUPERFICIES ELIPSOIDAIIS, NO PONTO.

$$DN! = (SEMS1\# * DACH\# + ACHS1\# * DSEM\#) * SIN(FRS1\#) ^ 2 - DSEM\# + DX\# * COS(RS1\#) * COS(LRS1\#) + DY\# * COS(FRS1\#) * SIN(LRS1\#) + DZ\# * SIN(FRS1\#)$$

LPRINT "Delta N, diferenca de geoondulacao (S2-S1), no ponto= "; DN!

^CALCULO DAS COORDENADAS PLANAS DO PONTO, NO SISTEMA S2.

$$FRS2\# = FGS2\# / 57.295779513\# \quad \text{^(Latitude do ponto no S2, em radianos)}$$

$$R2\# = SEMS2\# / (1 - ACHS2\#)$$

$$nn\# = (2 / ACHS2\# - 1) ^ -1$$

$$A2\# = 1 - nn\# / 4 * (12 + nn\# * (31 * nn\# - 21))$$

$$B2\# = nn\# / 4 * (12 + nn\# * (15 + 13 * nn\#))$$

$$C2\# = 5 * nn\# / 72 * (36 + 67 * nn\#)$$

$$D2\# = 28 * nn\# / 9$$

$$S\# = A2\# * (FRS2\# - B2\# * COS(FRS2\#) ^ 2 * TAN(FRS2\#) * (1 + C2\# * COS(FRS2\#) ^ 2 * (D2\# * COS(FRS2\#) ^ 2 - 1))) * R2\# * KO\#$$

$$LRS2\# = LGS2\# / 57.295779513\# \quad \text{^(Longitude do ponto no S2, em radianos)}$$

$$DL\# = -LRS2\# - LOR\#$$

$$e2Q\# = ACHS2\# * (2 - ACHS2\#)$$

$$EP2\# = e2Q\# / (1 - e2Q\#)$$

$$ETAQ2\# = EP2\# * COS(FRS2\#) ^ 2$$

$$V2\# = (1 + ETAQ2\#) ^ (1 / 2)$$

$$DS\# = R2\# * KO\# * TAN(FRS2\#) / (2 * V2\#) * (COS(FRS2\#) * DL\#) ^ 2 * (1 + (COS(FRS2\#) * DL\#) ^ 2 / 12 * (5 - TAN(FRS2\#) ^ 2 + ETAQ2\# * (9 + 4 * ETAQ2\#) + 2 * (COS(FRS2\#) * DL\#) ^ 2 * (1 + TAN(FRS2\#) ^ 2 * (TAN(FRS2\#) ^ 2 / 60 - 1))))$$

$$E22\# = R2\# * KO\# * COS(FRS2\#) * DL\# / V2\# * (1 + (COS(FRS2\#) * DL\#) ^ 2 / 6 * (1 - TAN(FRS2\#) ^ 2 + ETAQ2\# + (COS(FRS2\#) * DL\#) ^ 2 / 20 * (5 + TAN(FRS2\#) ^ 2 * (TAN(FRS2\#) ^ 2 - 18))))$$

$$N3\# = S\# + DS\# + NO\#$$

$$E3\# = E22\# + E0\#$$

LPRINT " N DO PONTO NO SISTEMA S2, em metros= "; N3#

LPRINT " E DO PONTO NO SISTEMA S2, em metros= "; E3#

GOTO 1

TESTES DOS PROGRAMAS

GEOXPLNY.BAS

NOME DO PONTO: PRIMEIRO (SAD/SAD)
 LATITUDE NO S1, em graus e fracao -10.07743
 LONGITUDE NO S1, em graus e fracao -65.31589416666667
 LATITUDE NO S2, em graus e fracao= -10.07743
 LONGITUDE NO S2, em graus e fracao= -65.31589416666667
 LAT/S2,em GMS= -10 4 38.748
 LONG/S2,em GMS= -65 18 57.219
 Delta N, diferenca de geoondulacao (S2-S1), no ponto = 0
 N DO PONTO no S2, em metros= 8885124.770398591
 E DO PONTO no S2, em metros= 246182.4785834397

PLANOX-Y.BAS

NOME DO PONTO: TERCEIRO (SAD/SAD) NORTE
 N DO PONTO NO S1 464281.61
 E DO PONTO NO S1 745159.24
 LATITUDE NO S1, em graus e fracao 4.197281650805363
 LONGITUDE NO S1, em graus e fracao -60.7914833261199
 LATIT/S1,em GMS= 4 -11 -50.21394
 LONGIT/S1,em GMS= -60 47 29.33997
 LATITUDE NO S2, em graus e fracao 4.197281650805363
 LONGITUDE NO S2, em graus e fracao -60.7914833261199
 LATIT/S2,em GMS= 4 -11 -50.21394
 LONGIT/S2,em GMS= -60 47 29.33997
 Delta N, diferenca de geoondulacao (S2-S1), no ponto= 0
 N DO PONTO NO SISTEMA S2, em metros= 464281.6098090843
 E DO PONTO NO SISTEMA S2, em metros= 745159.2396319369

PLANOX-Y.BAS

NOME DO PONTO: IPIRAJA/PEDRA BRANCA
 N DO PONTO NO S1 7463261.95
 E DO PONTO NO S1 656636.29
 LATITUDE NO S1, em graus e fracao -22.93130799663696
 LONGITUDE NO S1, em graus e fracao -43.47246996017513
 LATIT/S1,em GMS= -22 55 52.70879
 LONGIT/S1,em GMS= -43 28 20.89186
 LATITUDE NO S2, em graus e fracao -22.93130799663696
 LONGITUDE NO S2, em graus e fracao -43.47246996017513
 LATIT/S2,em GMS= -22 55 52.70879
 LONGIT/S2,em GMS= -43 28 20.89186
 Delta N, diferenca de geoondulacao (S2-S1), no ponto= 0
 N DO PONTO NO SISTEMA S2, em metros= 7463261.950281104
 E DO PONTO NO SISTEMA S2, em metros= 656636.2899954366

GEOXPLNY.BAS

NOME DO PONTO: QUILOMBO
 LATITUDE NO S1, em graus e fracao -29.58040472222222
 LONGITUDE NO S1, em graus e fracao -53.96386333333334
 LATITUDE NO S2, em graus e fracao= -29.58040472222222
 LONGITUDE NO S2, em graus e fracao= -53.96386333333334
 LAT/S2,em GMS= -29 34 49.457
 LONG/S2 em GMS= -53 57 49.908
 Delta N, diferenca de geoondulacao (S2-S1), no ponto = 0
 N DO PONTO no S2, em metros= 6723992.292559487
 E DO PONTO no S2, em metros= 212868.9470429505

EXTRATO DO TRABALHO DO ENG. JORGE PINTO GOMES (IBGE)

1.0 - TRANSFORMAÇÃO DE COORDENADAS GEODÉSICAS PARA COORDENADAS U.T.M.

1.1 - NOTAS:

Este programa calcula coordenadas U.T.M.(N,E) em qualquer elipsóide, sendo dados: parâmetros do elipsóide, latitude, longitude da estação e longitude do meridiano central; oferecendo uma precisão de ± 3 mm dentro da zona de UTM.

1.2 - TEORIA:

Equações compiladas por T. Vincenty dos seguintes manuais:
TM 5-241-18; TM 5-241-8; US ARMY MANUALS OF LATITUDE FUNCTIONS

1.3 - EQUAÇÕES UTILIZADAS:

1.3.1 - DISTÂNCIA SOBRE O MERIDIANO

$$S = A \{ \phi - B \cdot \cos^2 \phi \cdot \operatorname{tg} \phi (1 + C \cdot \cos^2 \phi (D \cdot \cos^2 \phi - 1)) \} c \cdot K_0$$

ONDE:

ϕ = LATITUDE EM RADIANOS

$$c = \frac{a}{1-f} = \text{RAIO POLAR}$$

a = SEMI-EIXO MAIOR

f = ACHATAMENTO

K_0 = FATOR DE ESCALA DO MERIDIANO CENTRAL = 0,9996

$$A = 1 - \frac{n}{4} (12 + n (31 n - 21))$$

$$B = \frac{n}{4} (12 + n (15 + 13 n))$$

$$C = \frac{5n}{72} (36 + 67n)$$

$$D = \frac{28n}{9}$$

$$n = \left(\frac{2}{f} - 1 \right)^{-1}$$

1.3.2 - EQUAÇÕES DE TRANSFORMAÇÃO

$$\Delta S = c.K_0 \cdot \frac{\text{tg}\phi}{2V} (\cos\phi \cdot \Delta\lambda)^2 \left\{ 1 + \frac{(\cos\phi \cdot \Delta\lambda)^2}{12} \{ 5 - \text{tg}^2\phi + \eta^2 (9 + 4\eta^2) \} \right. \\ \left. + 2 (\cos\phi \cdot \Delta\lambda)^2 \left(1 + \text{tg}^2\phi \left(\frac{\text{tg}^2\phi}{60} - 1 \right) \right) \right\}$$

$$E' = c.K_0 \cdot \frac{\cos\phi \cdot \Delta\lambda}{V} \left\{ 1 + \frac{(\cos\phi \cdot \Delta\lambda)^2}{6} \left\{ 1 - \text{tg}^2\phi + \eta^2 + \frac{(\cos\phi \cdot \Delta\lambda)^2}{20} \right\} \right. \\ \left. \left(5 + \text{tg}^2\phi (\text{tg}^2\phi - 18) \right) \right\}$$

ONDE:

λ_0 = LONGITUDE DO MERIDIANO CENTRAL

$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$

$\eta^2 = \epsilon \cdot \cos^2\phi$

$\epsilon = \frac{e^2}{1 - e^2}$ = SEGUNDA EXCENTRICIDADE

$e^2 = f (2 - f)$ = PRIMEIRA EXCENTRICIDADE

$V = (1 + \eta^2)^{\frac{1}{2}}$

OBS: Considerar sinal positivo para Longitude a Oeste .

1.3.3 - COORDENADAS U. T. M.

$N = S + \Delta S$ (+ 10.000.000 no Hemisfério Sul)

$E = E' + 500.000$

2.1 - TRANSFORMAÇÃO DE COORDENADAS U.T.M. PARA COORDENADAS GEO- DÉSICAS

2.2 - TEORIA

Equações compiladas por T. Vincenty do Manual TM 5-241-8. Foram desprezados os termos de quinta e sexta ordem.

2.3 - EQUAÇÕES UTILIZADAS

2.3.1 - Latitude, sobre o meridiano central, do pé da perpendicular do ponto.

$$\phi_f = \omega + F \cdot \cos^2 \omega \cdot \operatorname{tg} \omega (1 + G \cdot \cos^2 \omega (1 + H \cdot \cos^2 \omega))$$

ONDE:

$$A = 1 + 3n \left(-1 + \frac{7n}{4} \left(1 - \frac{n}{0.679} \right) \right)$$

$$F = 1 - A + 0.14 \times 10^{-9}$$

$$G = 3.5n \left(1 - \frac{n}{3.3259} \right)$$

$$H = 1.388 G$$

$$n = \left(\frac{2}{f} - 1 \right)^{-1}$$

$$N' = \frac{N - N_0}{\lambda_0}$$

$$\epsilon' = \frac{\epsilon - \epsilon_0}{\kappa_0}$$

$$K = 0.9996$$

$$\omega = \frac{N'}{A.C}$$

$$c = \frac{a}{1-f}$$

$$N_0 = 10.000.000$$

$$\epsilon_0 = 500.000$$

2.3.2 - EQUAÇÕES DE TRANSFORMAÇÃO

$$\phi = \phi_f + \frac{\operatorname{tg} \phi_f \cdot Q^2}{2} \left(-1 - \eta^2 + \frac{Q^2}{12} \left(5 + 3 \left(\operatorname{tg}^2 \phi_f \left(1 - \eta^2 \right) \right) \right) \right. \\ \left. \left(2 + 3\eta^2 \right) + \eta^2 \left(2 - \eta^2 \right) - \frac{Q^2}{2} \left(4 + 3 \operatorname{tg}^2 \phi_f \left(2 + \operatorname{tg}^2 \phi_f \right) \right) \right)$$

$$\Delta \lambda \cdot \cos \phi_f = Q \left\{ 1 - \frac{Q^2}{6} \left(1 + 2 \operatorname{tg}^2 \phi_f + \eta^2 - \frac{Q^2}{20} \left(5.05 + 4 \operatorname{tg}^2 \phi_f \right) \right) \right. \\ \left. \left(7 + 6 \operatorname{tg}^2 \phi_f \right) \right\}$$

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta \lambda$$

ONDE:

$$Q = \frac{V}{c} \cdot \epsilon'$$

$$V^2 = 1 + \eta^2$$

$$\eta^2 = \epsilon \cos^2 \phi f$$

$$\epsilon = \frac{e^2}{1 - e^2}$$

$$e^2 = f (2 - f)$$

a = SEMI-EIXO MAIOR

f = ACHATAMENTO

λ_0 = MERIDIANO CENTRAL

3.0.- TRANSFORMAÇÃO DE SISTEMAS GEODÉSICOS

3.1 - NOTAS

Este programa processa a transformação de coordenadas de um ponto referenciado a um Sistema (S_1) para outro Sistema (S_2) Geodésico, através cálculo diferencial, sendo definidos os dois Sistemas e os parâmetros de translação entre ambos.

3.2 - DADOS DE ENTRADA DO PROGRAMA

3.2.1 - PARÂMETROS DO SISTEMA S_1

1 - SEMI-EIXO MAIOR (a_1)

2 - ACHATAMENTO (f_1)

3.2.2 - PARÂMETROS DO SISTEMA S_2

1 - SEMI-EIXO MAIOR (a_2)

2 - ACHATAMENTO (f_2)

3.2.3 - PARÂMETROS DE TRANSLAÇÃO ENTRE OS SISTEMA S_1 e S_2

Δx ; Δy ; Δz

3.2.4 - COORDENADAS DO PONTO NO SISTEMA S_1

1 - LATITUDE

2 - LONGITUDE

3.3 - DADOS DE SAÍDA DO PROGRAMA

3.3.1 - COORDENADAS DO PONTO NO SISTEMA S_2

1 - LATITUDE

2 - LONGITUDE

3.3.2 - DISTÂNCIA ENTRE AS DUAS SUPERFÍCIES ELIPSÓIDICAS (ΔN)
NO PONTO CALCULADO

3.4 - TEORIA

DIFERENCIAIS ABREVIADAS DE MOLODENSKY

3.5 - EQUAÇÕES UTILIZADAS

$$\Delta\phi^0 = \frac{1}{N_1} \left((a_1 \cdot \Delta f + f_1 \cdot \Delta a) \operatorname{sen} 2\phi_1 - \Delta x \cdot \operatorname{sen}\phi_1 \cdot \operatorname{cos}\lambda_1 - \Delta y \cdot \operatorname{sen}\phi_1 \cdot \operatorname{sen}\lambda_1 + \Delta z \cdot \operatorname{cos}\phi_1 \right) \times \frac{180}{\pi}$$

$$\Delta\lambda^0 = \frac{1}{N_1 \operatorname{cos}\phi_1} \left(-\Delta x \cdot \operatorname{sen}\lambda_1 + \Delta y \cdot \operatorname{cos}\lambda_1 \right) \times \frac{180}{\pi}$$

$$\Delta N = (a_1 \cdot \Delta f + f_1 \cdot \Delta a) \operatorname{sen}^2\phi_1 - \Delta a + \Delta x \cdot \operatorname{cos}\phi_1 \cdot \operatorname{cos}\lambda_1 + \Delta y \cdot \operatorname{cos}\phi_1 \cdot \operatorname{sen}\lambda_1 + \Delta z \cdot \operatorname{sen}\phi_1$$

$$\phi_2^0 = \phi_1^0 + \Delta\phi^0$$

$$\lambda_2^0 = \lambda_1^0 + \Delta\lambda^0$$

ONDE:

a_1 = SEMI-EIXO MAIOR DO ELIPSÓIDE DO SISTEMA S_1

f_1 = ACHATAMENTO DO ELIPSÓIDE DO SISTEMA S_1

ϕ_1 = LATITUDE NO SISTEMA S_1

λ_1 = LONGITUDE NO SISTEMA S_1

a_2 = SEMI-EIXO MAIOR DO ELIPSÓIDE NO SISTEMA S_2

f_2 = ACHATAMENTO DO ELIPSÓIDE NO SISTEMA S_2

ϕ_2 = LATITUDE NO SISTEMA S_2

λ_2 = LONGITUDE NO SISTEMA S_2

Δx ; Δy ; Δz = PARÂMETROS DE TRANSLAÇÃO DO S_1 EM REFERÊNCIA AO S_2

$$N_1 = \frac{a_1}{(1 - e_1^2 \cdot \operatorname{sen}^2\phi_1)^{1/2}}$$

$$M_1 = \frac{N_1'}{1 + e_1'^2 \cdot \cos^2 \phi_1}$$

$$\Delta_a = a_2 - a_1$$

$$\Delta_f = f_2 - f_1$$

$$e_1^2 = f_1 (2 - f_1)$$

$$e_1'^2 = \frac{e_1^2}{1 - e_1^2}$$

PERSPECTIVA DO GPS CINEMÁTICO PARA AEROTRIANGULAÇÃO

Autor: Prof.Dr.Fritz Ackerman
Fagundes

Tradutor: Prof.Placidino

1. Localização por GPS

1.1 O Sistema de Posicionamento Global Navstar (GPS) é um sistema baseado em satélite, o qual é admitido para posicionamento direto, praticamente em qualquer ponto da terra e a qualquer hora. O sistema foi iniciado pelo Departamento de Defesa americano, primordialmente para fins de navegação, isto é, para posicionamento em tempo-real. O sistema está, ainda, em fase pre-operacional, mas já pode ser usado para muitos fins. A conclusão da fase II está programada para 1994.

O GPS para navegação de veículos em movimento tem que ter capacidade de posicionamento em tempo-real, e o seu projeto, no começo, tinha prioridade sobre considerações de precisão. Entretanto, logo foi constatado que o GPS tem um potencial de precisão muito grande para posicionamento em combinação com métodos de pós-processamento os quais o tornam altamente interessante para aplicações geodésicas.

Também a Fotogrametria está reconhecendo o grande potencial que o GPS tem para aplicação em levantamentos aéreos. Nós distinguimos as aplicações fotogramétricas de três diferentes maneiras:

1. GPS para navegação em vôo foto e posicionamento de fotografias;
2. Posicionamento da câmara para uso em triangulação aérea (e talvez para orientação exterior, direta, das fotografias);
3. Posicionamento de Sensores (para rastreadores multiespectrais, perfilógrafos de RADAR ou LASER, câmaras de vídeo ou outros sensores aerotransportados para geofísica, meteorologia, etc).

Neste trabalho, não estamos preocupados com navegação em vôos de levantamento, nem com orientação de sensores não-imagiadores, mas sim concentrados no posicionamento por GPS, de câmaras de aerolevanteamento, em conexão com aerotriangulação.

1.2 Vamos relembrar, resumidamente, os princípios do posicionamento por GPS. Quando completado, o GPS consistirá de 24 satélites orbitando a 20.000 km de altitude. Cada satélite faz duas revoluções por dia, sendo o seu movimento aparente, no céu, relativamente lento. Eventualmente, haverá 5 a 10 satélites do GPS visíveis, a qualquer hora do dia e, praticamente, em qualquer ponto da Terra.

Todos os satélites emitem, continuamente, sinais para medição de distâncias. Os sinais consistem em duas ondas eletromagnéticas, portadoras, L1 e L2, com frequências de 1575.42 MHz e 1227.60 MHz, os quais correspondem a comprimentos de onda $\lambda_1=19\text{cm}$ e $\lambda_2=24\text{ cm}$, respectivamente. Ambas portadoras são moduladas por sequências de pseudo-ruídos (PN). São usados dois códigos: o código P (de precisão) e o código C/A (de aquisição grosseira). O código P é, em geral, acessível, mas pode-se esperar que seja deteriorado, de forma a reduzir a exatidão para os usuários em geral. A degradação intencional é, eufemisticamente, chamada de disponibilidade seletiva (SA). Atualmente, ela tem ocorrido ou não, em épocas irregulares. Maiores detalhes não são para serem discutidos aqui. É suficiente afirmar que os sinais do código P têm um comprimento de onda, equivalente, (sinal -) de 30m, e o código C/A, idem de 300m (sem SA). Em geral, pode-se esperar que um sinal possa ser medido a cerca de $\leq 1\%$ de seu comprimento de onda, o que é a base da exatidão potencial do GPS.

Há uma modulação adicional das ondas portadoras transferindo informações gerais sobre os números identificadores dos satélites, os dados da órbita (efemérides irradiadas), os erros do relógio, os parâmetros da atmosfera, informação sobre a "saúde" do satélite etc. O resultado é que nenhuma informação externa é requerida para processar os sinais.

1.3 É princípio básico do GPS, no que concerne a posicionamento, permitir medições simultâneas de distâncias a todos os satélites visíveis, a partir de um ou vários receptores que possam ser estacionários sobre a Terra ou em veículos em movimento. O princípio é da medição em um só sentido, ou seja, é medida a diferença entre a emissão e a recepção de um sinal.

Isto implica altíssima sincronização e precisão dos tempos medidos pelos respectivos relógios. Enquanto os satélites carregam relógios atômicos da mais alta precisão possível, os relógios de quartzo dos receptores são menos precisos. Erros de sincronização podem ser da ordem de milissegundos e assim, os erros de medição de distâncias podem ser da ordem de centenas de quilômetros. As distâncias medidas são, por isso, chamadas pseudo-distâncias, não pretendendo clamar por precisão de medição direta. Afora o mencionado erro do relógio, medições de pseudo-distâncias dão distâncias diretamente, sendo as precisões internas (erros padrões), respectivamente, da ordem de 0,3m (código P) e 3m (código C/A sem SA) ou $\geq 30\text{m}$ (código C/A com SA). O ponto essencial é que as pseudo-distâncias têm a possibilidade de medição em tempo-real.

Existe um segundo tipo de medição de distância baseado em medição interferométrica da fase das ondas portadoras entrantes, o qual opera, essencialmente, isento de código. Por causa dos curtos comprimentos de onda das ondas portadoras, a esperada precisão de 1% de λ é de cerca de 2mm. As medições de fase, entretanto, referem-se, apenas, ao último ciclo que entra de uma onda senoidal. O número total de ciclos inteiros, através dos quais o

sinal foi transportado, não é conhecido. Por isso, a ambigüidade da medição de fase é tratada como incógnita. Ele monta em, aproximadamente, 10^8 ciclos. É somente a ambigüidade de fase inicial, no começo de uma série de medições de fase, que tem de ser determinada e resolvida, por meio de uma incógnita adicional (por onda portadora do satélite). Depois disso, o receptor bloquearia o sinal e delinearía as contagens, até que uma interrupção pudesse ocorrer.

2. Posicionamento por GPS

2.1 O princípio do posicionamento por GPS, baseado em medições de distâncias, é muito simples. Se um receptor do GPS mede distâncias, simultaneamente, a pelo menos três satélites, sua posição pode ser calculada (por intermédio de distâncias/trilateração) desde que as posições dos satélites sejam conhecidas. Entretanto, como já vimos, o erro do relógio do receptor pode ser grande (e pode não ser constante). Por isso, ele é tratado como incógnita adicional em cada solução.

Em consequência, pseudo-distâncias simultâneas a, pelo menos, 4 satélites, são requeridas para determinar a posição do receptor (e seu momentâneo erro do relógio). Isto é a configuração padrão para o que é conhecido como a solução de navegação. É, também, válida para medições de fase, se a ambigüidade de fase inicial tiver sido resolvida separadamente (ver abaixo).

A solução de navegação, baseada em um receptor, estacionário ou volante, é, basicamente muito simples. Os receptores de navegação tem estado em uso por algum tempo, para processar as medições de posicionamento e cálculos em tempo-real. A precisão intrínseca é determinada pela precisão de medição de distância das pseudo-distâncias, no código P e no código C/A, e das observações de fase, respectivamente. Em termos de ajustamento por mínimas quadrados, representa o peso unitário σ_0 . A precisão (erro do ponto) da posição derivada é expressa por $PDOP \cdot \sigma_0$, sendo PDOP (diluição da precisão do ponto) = $\sqrt{Q_{xx} + Q_{yy} + Q_{zz}}$. Ela depende do número e da configuração geométrica dos satélites, exprimindo a rigidez geométrica da solução. Valores de PDOP bons ou aceitáveis são da ordem de 3 a 6.

2.2 O posicionamento por medições redundantes ou não-redundantes é bem familiar apenas para os topógrafos. Eles, também, sabem que os verdadeiros problemas são os erros sistemáticos. Isto é, particularmente, verdadeiro para o posicionamento por GPS. Os erros sistemáticos, no sistema, podem ser bem grandes. Eles dizem respeito às órbitas e às posições dos satélites, aos erros do relógio e aos erros de outros sinais do satélite, aos efeitos da refração na ionosfera e na troposfera, a possíveis efeitos de erros da antena e do receptor.

Os erros são muito grandes, comparados com a precisão da medição. Eles podem atingir dezenas ou centenas de metros, embora um sistema de rastreamento mundial monitore os

satélites, continuamente, e atualize os parâmetros do sistema a intervalos curtos. Correções finas podem ser obtidas, subseqüentemente, por pós-processamento refinado.

É evidente que o processamento preciso preocupa-se com a eliminação ou a modelagem de todos os erros sistemáticos respectivos. Existe um número de possibilidades as quais não podem ser discutidas, aqui, em minúcias.

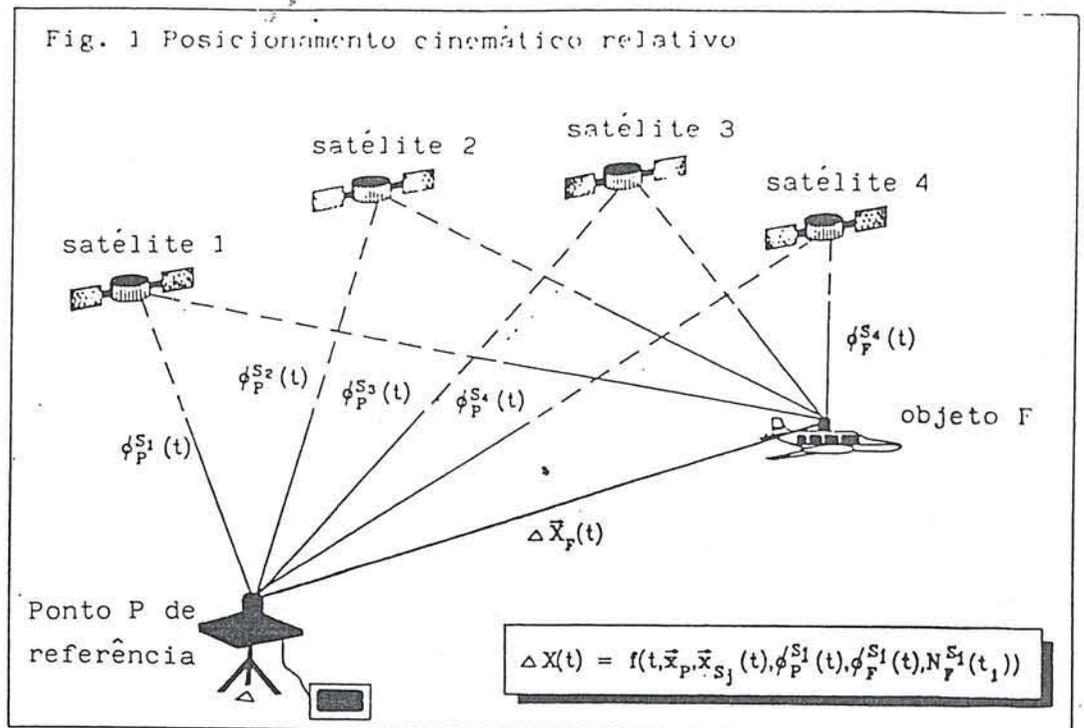
A principal estratégia para modelar, praticamente, todos os erros sistemáticos, incluindo correções de órbita, é uma combinação de dois princípios: (1) Observações estacionárias em pontos fixos durante períodos de tempo mais extensos (até uma hora), e (2) mudando de posicionamento absoluto para relativo, usando, simultaneamente, dois ou mais receptores. Usando diferenças simples ou duplas de observações simultâneas, é evidente que os erros comuns podem ser eliminados.

Essa modelagem dos erros sistemáticos repousa no pós-processamento, em combinação com os métodos de ajustamento. Soluções em tempo-real, como requeridas para fins de navegação, são menos capazes de completar uma modelagem dos erros.

Nas aplicações geodésicas para redes de GPS, têm sido elaborados métodos sofisticados de modelagem dos erros, muito refinados. Observações (de pseudo-distâncias ou de medição de fase) são feitas com 4 a 6 ou mais receptores, alguns estacionários e registrando, continuamente, outros volantes montados em veículos (modo cinemático), ocupando estações escravas também por algum tempo. Exatidões da ordem de 1 cm, para redes de GPS, têm sido obtidas. É, ainda, uma questão de pesquisa, quão extensas podem ser as redes e sobre que período de tempo são necessárias observações. Desempenho na faixa de mm de exatidão está sendo esperado para aplicações em levantamentos para engenharia ou em geofísica (isto é, para placas tectônicas).

A situação é menos favorável para a aerofotogrametria. O receptor, no avião em voo, está continuamente se movendo. Além disso, na época atual, por razões operacionais, considera-se somente um receptor estacionário, no chão. Assim, nós estamos preocupados com posicionamento cinemático relativo, restrito a dois receptores, como se infere da fig.1. Essa constelação especial de receptores limita a eliminação potencial de erros sistemáticos (por diferenciação simples ou dupla). Entretanto, o método ainda é considerado altamente eficaz, embora a distância entre os 2 receptores, a qual pode ser de várias centenas de quilômetros, e a duração do voo até de algumas horas, pode deixar alguns erros sistemáticos não compensados. Por outro lado, os requisitos de exatidão fotogramétrica, para posicionamento da câmara por GPS, não são muito sérios. Exatidões da ordem de vários decímetros ou metros são suficientes, em muitos casos, como será mostrado.

Fig. 1 Posicionamento cinemático relativo



3. Alguns Problemas Específicos

O posicionamento cinemático relativo, de uma câmara em um avião, envolve alguns problemas específicos os quais são aqui resumidos.

3.1 Excentricidade da Antena do GPS

O posicionamento por GPS refere-se à antena do GPS, montada na parte de cima do avião. A sua posição tem de ser reduzida ao centro perspectivo da câmara aérea. A excentricidade é descrita pelas componentes Δx , Δy e Δz , as quais são medidas diretamente no avião, pousado, e, subsequentemente, transformadas para o sistema de coordenadas-objeto. Para esse fim, a atitude do avião (da câmara) tem de ser aproximadamente conhecida, ou medindo inclinações diretamente (por SNI - Sistema de Navegação Inercial) ou extraíndo as inclinações após o ajustamento preliminar do bloco. É preciso cautela quanto à recolocação da câmara durante o voo (ângulo de deriva, em particular).

3.2 Assincronismo dos Registros de Tempo

Normalmente, os receptores GPS fazem os registros em curtos intervalos regulares de tempo. Entretanto, nós queremos a posição da câmara no momento da exposição. Por conseguinte, a câmara tem de dar um sinal, a cada exposição, para ser registrado, no GPS, a hora exata. Então, a posição, por GPS, desses pontos, na hora exata, pode ser interpolada entre dois vizinhos mais próximos. Por essa razão, a taxa de medições do GPS tem de ser relativamente alta. Os receptores existentes ensejam medições a taxas de 1 a 3 segundos. O avião se desloca, em 1 seg, cerca de 50 a 100m.

Recentemente, alguns receptores ensejam observações do GPS que estão coincidindo, muito proximamente, com as exposições da câmara. Em tais casos, não ocorrem erros de interpolação.

3.3. Fluxos de Dados

A alta taxa de registros, para o posicionamento cinemático, implica um considerável volume de dados a serem registrados a bordo e no receptor estacionário, ao contrário das operações geodésicas. Durante uma missão de voo fotográfico, o registro de dados do GPS e seu armazenamento podem montar em cerca de 20 ou mais Mbytes de dados.

3.4 Ambigüidade da Fase Inicial

Posicionamentos de precisão fazem uso de observações de fase. Há o problema da ambigüidade de fase inicial, o qual tem de

ser resolvido antes que o posicionamento cinemático possa começar. No nosso caso, o problema pode ser resolvido por meio de registros estacionários dos dois receptores antes da decolagem (e após o pouso). Há duas versões: ou começar por uma linha de base (ambos receptores instalados em pontos de GPS conhecidos), ou determinar uma linha de base inicial, instalando o receptor de terra em um ponto conhecido e o outro instalado no avião estacionado. As observações estacionárias simultâneas tem de continuar por cerca de 1 hora, a fim de obter a determinação de uma linha de base precisa. Em caso de tempos de registro mais certos, a linha de base e, conseqüentemente, a solução da ambigüidade, ainda terá algum erro que causará efeito de desvio no subseqüente posicionamento cinemático relativo. Se e até quanto esses desvios podem ser aceitos, será considerado abaixo.

3.5 Sistema Referencial de Coordenadas

Problemas de Datum

O posicionamento, por GPS, refere-se ao sistema de coordenadas WGS 84. Este é um sistema de coordenadas cartesianas, centrado no centro de massa da Terra. Se todos os pontos de apoio e todas as posições da câmara são determinados nesse sistema, não há problema de datum na aerotriangulação. Os resultados serão referidos ao WGS 84.

Entretanto, resultados fotogramétricos são, normalmente, desejados com referência a um sistema geodésico nacional. O meio mais fácil de obter tais resultados, com aerotriangulação apoiada em GPS, será pedir alguns pontos de apoio a serem, geodésicamente, fornecidos, tanto no WGS 84 como no sistema nacional de coordenadas (como o UTM), a fim de proceder à transformação do datum subseqüente ou incluí-la no ajustamento combinado do bloco. Pode haver problemas relativos ao datum vertical, para os quais o geóide ou uma aproximação deste, tem de ser dado.

3.6 Perda de Ciclos, descontinuidades

Observações de fase tem de ser contínuas durante todo o voo (incluindo os registros estacionários antes da decolagem e após o pouso), para calcular a trajetória do voo. Infelizmente, há vários tipos de interrupção a serem levados em conta, conhecido como (1) interrupções do sinal, (2) perdas de ciclos e (3) alterações da constelação:

- (1) Interrupções do sinal. Pode acontecer que o sinal de um satélite seja interrompido, sendo cortado pelas asas do avião durante uma curva, por exemplo. Especialmente, durante uma curva de 180°, com grande ângulo de inclinação;
- (2) Perdas de ciclo. Acontece, às vezes sem causa aparente, durante observações de fase, que a contagem de ciclos completa pode ser perdida, no receptor, por uns poucos ou até por milhares de ciclos, embora as observações de fase ainda

pareçam ser contínuas, à primeira vista . Os resultados das perdas de ciclos são saltos na trajetória . Perdas genuínas de ciclos são uma questão de projeto do receptor e podem, também, ser causadas por efeito de múltiplos passos, ou por descontinuidades na ionosfera. Elas, normalmente, não deviam mais acontecer, mas, aparentemente, elas ainda acontecem. Temos observado perdas de ciclos mesmo nos receptores estacionários.

- (3) Alterações da Constelação. Durante os períodos de observação, de até várias horas, alguns satélites saem do campo de vista; enquanto outros entram. Em consequência, o número e a constelação dos satélites observados estão sempre mudando. Normalmente, várias dessas alterações podem acontecer durante uma missão de vôo. Infelizmente, devido a problemas do receptor, já houve casos em que até centenas de alterações de constelação foram observadas, saltando os sinais do satélite para dentro e para fora, quase aliatoriamente.

O programa de computador para o GPS tem de tratar dessas perturbações. O problema não é tão sério se, pelo menos, 4 ou 5 satélites permanecem inalterados e, assim, permitem re-bloquear os sinais interrompidos. O principal problema é, sempre, o fato de que as ambigüidades de fase tem de ser reavaliadas. Existe um certo número de conceitos para resolver o problema, dependendo das informações remanescentes. Se apenas 2 ou 3 satélites ou nenhum, permanecem inalterados, o problema é mais sério. Pode acontecer que a ambigüidade de fase não possa ser exatamente bloqueada após uma interrupção. Temos experimentado vários casos em que o aparelho receptor não foi capaz de superar as descontinuidades. Isto mostra que o problema é sério, pedindo um programa mais sofisticado, especialmente em conexão com o posicionamento cinemático da câmara e a determinação de trajetórias precisas da aeronave. Estamos preparando, em Stuttgart, um robusto programa capaz de tratar, praticamente, de todas as perturbações que possam ocorrer.

4. Exatidão empírica do posicionamento por GPS cinemático relativo.

- 4.1 Nós nos referimos, de início, à elevada exatidão potencial do posicionamento por GPS, especialmente à base de observações de fase, de código-livre, das ondas portadoras. Permanece, entretanto, por ser investigado através de experiências, qual a precisão de desempenho que o posicionamento por GPS cinemático relativo atinge, realmente, nas aplicações práticas. A seguir, serão apresentados alguns resultados empíricos do posicionamento cinemático relativo, pós-processado, de uma câmara em vôo. Nós nos referimos, aqui, ao teste contratado "Flevoland", o qual ainda parece ser um dos pouquíssimos testes inteiramente investigados, atualmente disponíveis. Outros testes confirmam, em parte, os resultados do "Flevoland", e, em parte, não tiveram completo êxito, uma vez que é muito crítico fornecer valores de teste

suficientemente precisos para as verdadeiras posições da câmara.

O teste do GPS fotogramétrico "Flevoland" foi organizado pelo "Rijkswaterstaat" da Holanda, em 1987. O voo foi feito pela KLM Aerocarto e foi, independentemente, processado e investigado no Instituto de Fotogrametria da Universidade de Stuttgart. Dois receptores SERCEL, de 5 canais, foram usados, sendo o estacionário posicionado em um ponto de apoio na área-teste. Foram determinados 48 pontos de apoio e de controle por GPS geodésico. Todos os dados estão referidos ao WGS 84. Assim, nenhuma transformação de datum foi necessária. A área-teste cobrindo cerca de 2 x 4km², foi coberta por 10 faixas (fotos na escala de 1:3800, câmara Wild RC-10, distância focal - 210mm, altura de voo h=800m). Todos os pontos de apoio e alguns pontos de amarração foram sinalizados. As superposições das fotos foram um pouco irregulares, com a longitudinal p = 60 a 70% e a lateral q = 50 a 60%. O bloco, consistindo em 184 fotografias, foi aerotriangulado por medições em monocomparador e ajustamento em bloco, com parâmetros adicionais. Sua única finalidade foi a de obter coordenadas independentes para todas as posições da câmara (centros perspectivos de todas as fotografias) as quais, subsequentemente, foram usadas como pontos de controle a serem comparados com as posições da câmara por GPS.

O ajustamento do bloco por mínimos quadrados, deu para precisão (não ponderada) das coordenadas-imagem $\sigma_0 = 5$ m e, por propagação de erros, para a exatidão, no campo-objeto, das coordenadas das estações da câmara, $\sigma_{x,y} = 4.0$ cm e $\sigma_z = 2,8$ cm, respectivamente.

Os registros foram processados por diferenças primeiras às coordenadas da antena do GPS. Então, a respectiva distância S, a cada estação "verdadeira" da câmara, foi calculada e comparada com a verdadeira distância S entre a antena do GPS e a câmara, tal como medida diretamente no avião. Dessa forma, os efeitos das inclinações não perturbaram as comparações.

4.2 A análise da precisão interna dos dados do GPS deram um desvio padrão, para as distâncias, de $\sigma_0 = 1.4$ mm (observações de fase) e de $\sigma_0 = 1.14$ m para as pseudo-distâncias, no código C/A (sem SA). Os valores correspondem a $0.7\% \lambda$ e $0.4\% \lambda$, respectivamente, os quais são ainda melhores do que a expectativa inicial de 1%. Por isso, com PDOP=5, a precisão interna de posição deveria ser de cerca de 7mm e 5.7m, respectivamente. A análise empírica do ruído deu, realmente, 1cm e 3-5m, respectivamente. Assim, os valores empíricos estão, se não em total concordância com a expectativa teórica, pelo menos muito próximos. De qualquer forma, os erros acidentais das posições da câmara, da ordem de 1cm, estão muito abaixo do nível de preocupação fotogramétrica no sentido de garantir qualquer investigação mais rigorosa.

4.3 A questão realmente interessante é a exatidão externa de posicionamento da câmara a GPS cinemático. No teste de "Flevoland" a exatidão absoluta foi estimada, como explicado,

comparando os resultados do GPS com as "verdadeiras" estações da câmara, obtidas a partir do ajustamento do bloco fotogramétrico, ou melhor, por comparação das distâncias verdadeiras S, medidas diretamente, entre a câmara e a antena do GPS, com a distância S calculada a partir das respectivas coordenadas WGS 84.

Antes de serem apresentados os resultados do teste de "Flevoland", alguns fatos adicionais devem ser mencionados.

Não foi possível obter registros contínuos de todos os dados do GPS. O voo realizou-se em dois dias. Houve, também, algumas interrupções adicionais, resultando, ao todo, em 5 conjuntos separados de dados registrados continuamente, estendendo-se, respectivamente, sobre 1/2 a 4 faixas. O PDOP foi 5, exceto para duas constelações muito ruins, com 4 satélites, apenas, na faixa 2 (PDOP=30) e na faixa 3.1 (PDOP=57).

Essas faixas teriam, normalmente, de ser excluídas.

Não se sabia, então, que a solução da ambigüidade inicial requeria 1 hora de registros do estacionário.

Assim, as soluções de ambigüidades foram apenas aproximadas e alguns erros de desvio, remanescentes, tiveram de ser esperados, a despeito de se trabalhar com diferenças primeiras. (Foi mostrado que a dupla diferenciação dá, exatamente, os mesmos resultados que as diferenças primeiras, nos casos que temos em mãos).

Os principais resultados da investigação da exatidão acham-se resumidas na Fig. 2.4. Os erros de S, resultantes da comparação direta das coordenadas da antena do GPS, com as estações "verdadeiras" da câmara, acaham-se mostradas na Fig 2. (Aqui, os erros de S são equivalentes aos erros de Z, porque a antena do GPS aconteceu ter sido montada diretamente acima da câmara). Os resultados diretos não são muito conclusivos. Alguns conjuntos de dados obtêm, diretamente, precisão do GPS de vários centímetros. Outros, parece apresentarem erros linearmente crescentes. As constelações de satélites ruins das faixas 2 e 3.1 são refletidas em erros médios quadráticos bem grandes, de até 86 cm. A análise mais rigorosa confirmou que todos os dados do GPS contêm erros sistemáticos, isto é, erros linearmente crescentes com o tempo. Em outras palavras, o posicionamento por GPS está sujeito a erros sistemáticos residuais ou erros de desvio, os quais parece serem lineares, em primeira aproximação. A validade desta conclusão foi totalmente confirmada pela aplicação de correções suplementares de erros sistemáticos. Se os erros sistemáticos são removidos, primeiro aplicando deslocamentos constantes e segundo,

Vôo de Teste "Flevoland" - Exatidão do GPS cinemático

Fig. 2 E.M.Q. de DS com relação ao "Valor Verdadeiro"

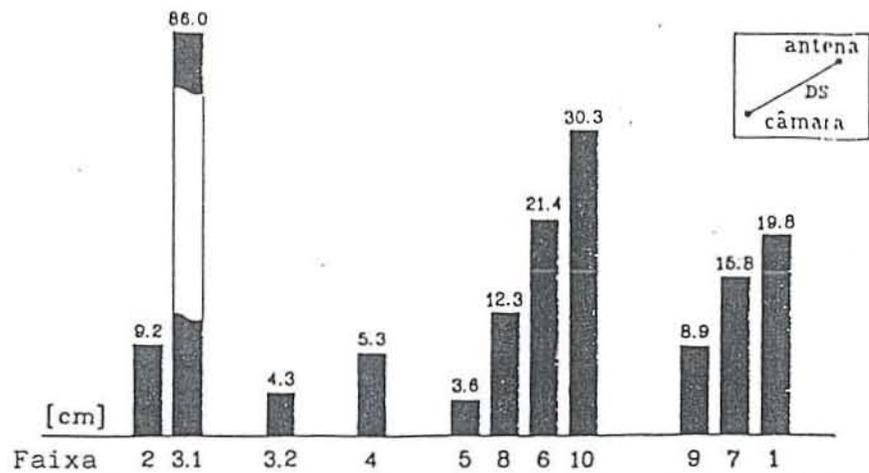


Fig. 3 E.M.Q. de DS com relação aos valores médios por faixa

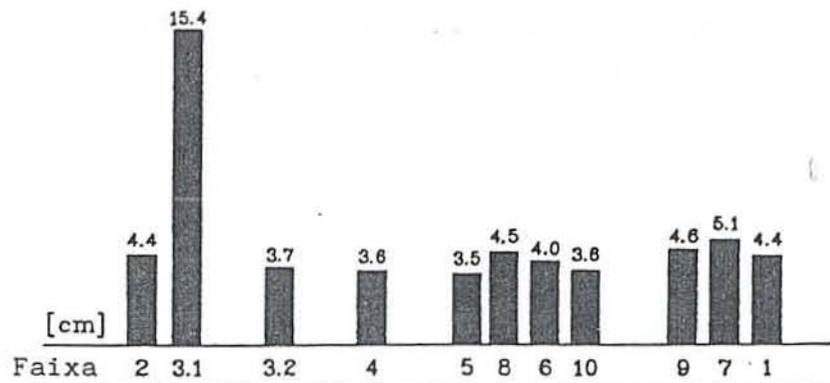
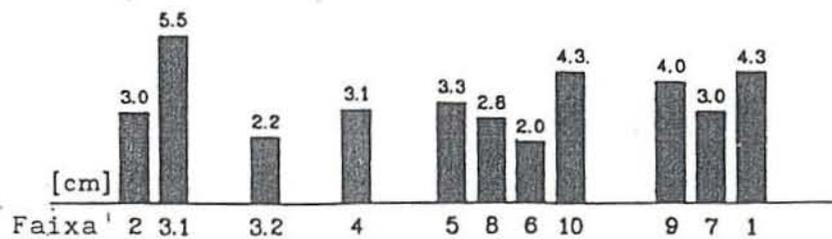


Fig. 4 E.M.Q. de DS com relação à Regressão Linear



aplicando correções lineares, os resultados obtidos são bem significativos, como mostram as figuras 3 e 4. O erro médio quadrático reduz-se a 3.5 cm. Mesmo as faixas com fraca geometria ajustam-se muito bem neste cenário. A fraca geometria, aparentemente, não afetou a precisão interna mas, em vez disso, causou consideráveis erros de desvio, em primeira instância. Deve-se notar, já aqui, que a pós-correção de erros de desvio linear será possível, em relação com o ajustamento combinado do bloco, como será demonstrado abaixo.

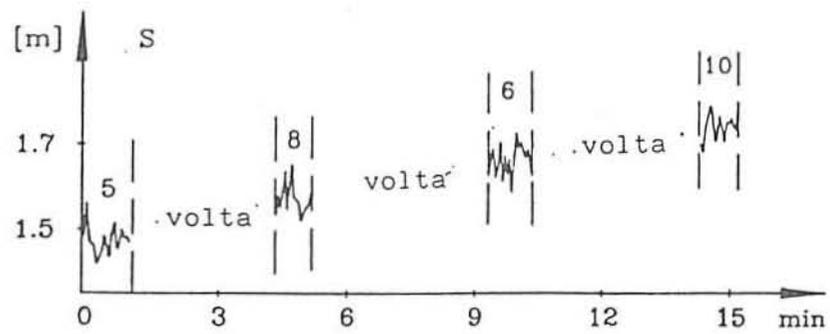
A precisão resultante de 3.5cm (e.m.q) para ΔS pode ser, ainda, reduzida a um valor menor, uma vez que ela contém os erros das estações "verdadeiras" da câmara, derivadas da triangulação aérea do bloco, afora os erros de interpolação do GPS, os quais ainda são incluídos. Se os erros médios quadráticos em Z , das estações da câmara, montando em 2.8cm, são subtraídos e se apenas o posicionamento a GPS, com 5 satélites, é levado em consideração, a precisão remanescente de posicionamento da câmara pelo GPS (em Z), após correções lineares para os erros sistemáticos, é de 1,5 cm.

Os principais resultados do teste de Flevoland podem ser resumidos como segue:

- (1) Se os erros sistemáticos são suprimidos ou eliminados, então a exatidão do posicionamento por GPS cinemático, de sensores aerotransportados, é da ordem de uns poucos centímetros. Considerando que os resultados de Flevoland se referem a 5 ou 4 satélites apenas, e que eles ainda contêm os erros de interpolação e outros erros menores, os quais são, efetivamente, da ordem de cm de magnitude, pode-se afirmar que os resultados experimentais são muito próximos da expectativa teórica, embora apenas uma limitada modelagem do erro tenha ocorrido. Em termos de fotogrametria aérea, deve-se observar que a maioria das aplicações em mapeamento não requererá posicionamento da câmara mais preciso. Assim, a precisão interna do posicionamento da câmara por GPS atende, plenamente, os requisitos fotogramétricos imediatos.
- (2) O segundo resultado é que todas as trajetórias da câmara posicionadas a GPS mostram erros que, dentro de períodos de até 15 minutos, são lineares, em primeira aproximação (ver fig. 5). Isto é um ponto de considerável controvérsia entre os geodestas. Eles sustentam que é possível uma completa modelagem dos erros até que não restem erros de desvio. Embora isto não seja posto em dúvida, a questão permanece, se a modelagem completa dos erros é possível, sob as restritas condições operacionais das missões de vôo fotogramétrico, e se é necessária ou não. Uma missão pode levar até 5 ou 6 horas, a área da missão pode cobrir milhares de km² ou pode combinar vários projetos menores um tanto distantes um do outro, e o receptor estacionário do GPS pode ser colocado a várias centenas de kms de distância. Ademais, somente um receptor estacionário é usado e alguns tipos de receptores registram, apenas, a frequência L1. As circunstâncias práticas das

Fig. 5 Teste "Fleveland", faixas 5,8,6,10 - erro de desvio linear

e.m.q. ds = 19,6 cm
e.m.q. ds = 3,6 cm
contra regressão linear



operações de campo podem impor restrições adicionais. Somente 4 ou 5 satélites podem ser visíveis e a janela de visibilidade pode ser estreita. Conseqüentemente, as determinações da linha de base inicial e as soluções de ambigüidades de fase podem não ser suficientemente precisas. E, finalmente, podem ocorrer interrupções de sinal completas ou parciais. Além disso, existe a consideração completamente independente de que muitas aplicações de aerolevantamentos não requerem grande exatidão do posicionamento da câmara por GPS. E, também, considerações de ordem operacional e econômica podem justificar manter as operações de campo do GPS tão simples e tão rigoroso quanto possível, para obter uma certa precisão, com uma despesa aceitável. Assim, é uma conclusão, certamente válida, admitir que possam ocorrer erros de desvio, excepcionalmente ou regularmente. Se, e até que ponto, erros de desvio são aceitáveis, depende do pretendido uso dos dados do GPS e da possibilidade de correção subsequente. É importante notar, neste contexto, que os erros lineares de desvio do GPS podem ser corrigidos em combinação com a triangulação aérea, desde que certas precauções sejam tomadas e seja aplicado o ajustamento em bloco combinado.

5. Ajustamento em Bloco Combinado com Dados do GPS

5.1 Nós, agora, voltamos para a utilização, em aerotriangulação, das estações aéreas da câmara, determinadas por GPS. Os dados de posição do GPS, após redução da excentricidade da antena e do tempo, referem-se às coordenadas dos respectivos centros perspectivos das fotografias aéreas. Eles representam observações para os parâmetros de posição dos elementos de orientação exterior da câmara. É, por conseguinte, uma abordagem conveniente tratar os dados de posicionamento da câmara por GPS, como observações adicionais, e conjugá-los, devidamente ponderados, com os dados da triangulação aerofotogramétrica, em um ajustamento em bloco combinado. É, essencialmente, a mesma abordagem que, anteriormente, era referida como ajustamento em bloco com dados auxiliares (de orientação da câmara). As observações da aerotriangulação fotogramétrica são admitidas como sendo as mesmas que na aerotriangulação convencional, com distribuição de pontos de amarração normais. Efeitos vantajosos, antecipados, dizem respeito à exatidão e à confiabilidade dos blocos ajustados, assim como, ao apoio terrestre muito mais reduzido, como será mostrado.

Tratando os dados de posição da câmara como observações adicionais, levanta-se o problema de sua relação com o sistema de coordenadas de referência fotogramétricas, isto é, se o desvio ou as correções de datum devem ser consideradas. Em vista da discussão acima, sugere-se levar em consideração as correções lineares do GPS, cujos parâmetros são tratados como incógnitas e resolvidos no ajustamento em bloco combinado. As correções lineares podem ser interpretadas como erros de desvio ou como

correções do datum. A formulação deverá ser tal que 3 casos possíveis possam ser distinguidos: (1) as correções podem não ser usadas, (2) ser usado um conjunto de correções para todo o bloco, (3) serem usados diversos conjuntos isolados de correções para várias sub-unidades de um bloco, no caso extremo de que cada faixa seja tratada separadamente, como possa ser requerido pelos dados. Compreende-se que a abordagem é pretendida como medida de segurança a ser usada, caso necessário, isto é, a fim de não perder vôos, no caso de ocorrerem interrupções dos dados do GPS.

5.2 As equações de observação para as observações de estação da câmara, reduzidas, escreve-se, por conseguinte, assim:

$$\begin{aligned} X_j^{GPS} + V_{xj} &= X_{0j} + (a_0 + a_1 t_j)_k \\ Y_j^{GPS} + V_{yj} &= Y_{0j} + (b_0 + b_1 t_j)_k \\ Z_j^{GPS} + V_{zj} &= Z_{0j} + (c_0 + c_1 t_j)_k \end{aligned} \quad (1)$$

As incógnitas principais são as coordenadas X_0 , Y_0 , Z_0 dos centros perspectivos j ; elas se relacionam, diretamente, com as incógnitas do ajustamento do bloco de feixes perspectivos ou do ajustamento do bloco por modelos independentes. Os termos $(a_0, a_1, b_0, b_1, c_0, c_1)$ representam os parâmetros desconhecidos do desvio linear ou do datum, admitidos como constantes para qualquer conjunto K de dados desejado. Os casos a serem distinguidos para K referem-se a: um conjunto - 0 (nenhum parâmetro), um conjunto para todo o bloco, conjuntos para grupos de faixas ou para faixas, individualmente. É conveniente expressar as correções como funções do tempo t do GPS, começando por cada conjunto K em um ponto de tempo t_0 , ao qual serão referidos os desvios a_0, b_0, c_0 .

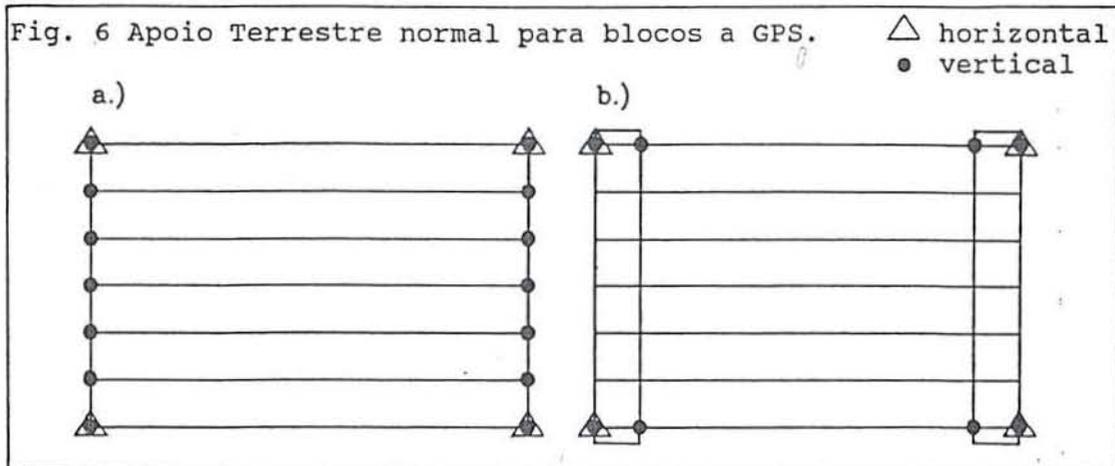
A programação e a execução do ajustamento em bloco não apresenta quaisquer problemas especiais. As equações normais podem ser subdivididas nos vários grupos de incógnitas, conduzindo às bem conhecidas equações normais, reduzidas a uma banda limitada. Por conseguinte, podem ser usadas as técnicas de solução existentes. O caso do ajustamento em bloco, combinado com dados do GPS, tem sido tratado na literatura publicada. Por isso, ele não é tratado aqui com maior profundidade.

5.3 Somente os parâmetros de desvio desconhecidos é que requerem alguma consideração especial. Eles podem não ser determináveis, em geral, por causa das singularidades (deficiências de alinhamento), no ajustamento combinado do bloco, a menos que sejam tomadas certas precauções. O caminho mais conveniente e mais seguro de cuidar das deficiências de alinhamento, em blocos fotogramétricos, é o uso de pontos de apoio terrestre.

É possível, em princípio, ajustar os blocos combinados com o GPS sem quaisquer pontos de apoio terrestre. O slogan "Aerotriangulação sem apoio terrestre" tem chamado considerável atenção e parece ser altamente atrativo. Entretanto, os resultados

do ajustamento do bloco referem-se, neste caso, ao WGS 84, restando, ainda, por fazer, uma subsequente transformação de datum, para o sistema nacional de coordenadas geodésicas.

Constitue prática corrente, em fotogrametria, integrar a transformação do datum ao ajustamento em bloco, fazendo uso de pontos de apoio terrestre. Parece conveniente, por razões de ordem prática, aplicar o mesmo princípio, também, aos blocos combinados com o GPS. Uns poucos pontos de apoio terrestre são suficientes para proporcionar a transformação do datum. Para esse fim, é sugerido, como esquema normal, colocar pontos de apoio mais ou menos nos cantos do bloco. Neste caso, pode ser aplicado e determinado, de acordo com as equações (1), um conjunto de parâmetros de correção linear, desde que os registros do GPS não sejam interrompidos. Quatro pontos de apoio não são suficientes, entretanto, para um bloco com a superposição lateral normal de 20%, para determinar todos os parâmetros de desvio, se a cada faixa é atribuído um conjunto separado de parâmetros.



Tanto duas cadeias de pontos de apoio vertical adicionais, como duas faixas transversais devem ser adotadas, nesse caso, tal como esquematizado na fig. 6. Sugere-se, no momento, usar sempre, na prática, uma das duas opções (a ou b) da fig. 6, por questão de segurança.

Nesse caso, o bloco combinado com GPS pode ser seguramente ajustado, mesmo que ocorram descontinuidades ou interrupções do sinal do GPS, o que, infelizmente, não pode, antecipadamente, ser excluído de cogitação.

6. Exatidão dos blocos ajustados com GPS

6.1 Os efeitos gerais das estações da câmara, posicionadas pelo GPS, sobre os resultados do ajustamento combinado do bloco, são mais favoráveis, uma vez que podem ser, facilmente, antecipados. Esquecendo o desvio do GPS e os erros de datum, no momento, pode-se afirmar que o posicionamento das estações aéreas da câmara é muito preciso; mais preciso do que realmente requer um mapeamento fotogramétrico. O resultado é equivalente a ter um ponto de apoio em cada estação aérea, ou a ter 3 parâmetros de posição dos 6 elementos da orientação exterior, de cada fotografia, medidos direta e precisamente. Assim, efetivamente, os blocos são extremamente bem apoiados. Pode-se, antecipar, portanto, que os blocos apoiados pelo GPS quase não terão propagação de erro, nos elementos de orientação, ficando a precisão resultante do bloco próxima da mera precisão de interseção dos raios. Pode-se, também, concluir que a precisão será muito pouco dependente do tamanho do bloco. É, mais importante, pontos de apoio terrestre convencionais não são mais, de todo, requeridos por razões de precisão, isto é, para assegurar ou estabilizar a precisão dos blocos ajustados, uma função que é, efetivamente, assumida pelo posicionamento da câmara por GPS. A função dos pontos de apoio terrestre será restrita à transformação do datum e, possivelmente, à correção de deficiências adicionais de alinhamento.

Estas considerações gerais, por si só, tornam a aerotriangulação, em combinação com o posicionamento da câmara por GPS, extremamente interessante, com grande perspectiva de econômica. Os pormenores precisam ser estudados, como é feito abaixo. As questões primordiais são os efeitos dos dados das estações da câmara, fornecidos pelo GPS, sobre o ajustamento do bloco, e em quanto os parâmetros adicionais de desvio do GPS enfraquecerão a estabilidade geométrica de um bloco e reduzirão as características geralmente mais favoráveis dos blocos com apoio a GPS.

6.2 Existem, raramente, até agora, quaisquer blocos reais, apoiados por GPS, que seriam adequados para completa investigação, dentro das várias características de precisão de

blocos apoiados por GPS, após ajustamento combinado do bloco. Seus comportamentos quanto à precisão foram estudados, até a data, principalmente por simulação, em computador e propagação teórica dos erros. Tais estudos são um tanto esquemáticos. Não obstante, eles fornecem um vislumbre dos efeitos da variação dos parâmetros do projeto. Também, neste trabalho, somente estudos teóricos da precisão serão discutidos. Pode ser mencionado, entretanto, que o bloco de Flevoland, apoiado por GPS (em verdade uma seleção de 7 faixas, formando um bloco com superposições normais), foi ajustado com base em apoio terrestre, de acordo com a Fig.6a, e com parâmetros lineares aplicados por faixa. Os resultados da precisão pelo erro médio quadrático do ajustamento combinado do bloco, derivado de 41 pontos de controle horizontal e 35 verticais, foram: $\mu_{x,y} = 2.1\text{cm}$, $\mu_z = 4.1\text{cm}$. Esses valores empíricos, pelo menos, confirmam, independentemente, que os blocos apoiados por GPS, ajustados, com um mínimo de apoio, realmente atingiram o alto nível de precisão esperado.

Estudos preliminares de simulação, em 1986, já exibiram o alto nível de precisão dos blocos apoiados por GPS, ajustados. Foi mostrado, então, que a precisão resultante do bloco é da ordem da magnitude da medição fotogramétrica (σ_0 transformada em unidades terrestres), no caso da precisão do GPS ser da mesma ordem. Foi, também, mostrado que o tamanho do bloco é de pouco efeito e que o ajustamento do bloco é possível sem qualquer apoio terrestre, desde que as medições por GPS cinemático não sejam interrompidas.

No parágrafo seguinte, são apresentados alguns resultados de investigações teóricas, baseados na inversão das matrizes dos coeficientes das equações normais, do ajustamento combinado do bloco, por mínimos quadrados. As investigações levam em consideração condições realísticas e se concentram nos efeitos da modelagem linear dos erros de desvio do GPS ou erros do datum. As investigações teóricas, realmente, se referem à escala da foto de 1:30.000, ao tamanho do bloco de $6 \times 21 = 126$ fotos (6×20 modelos) e ao apoio, de acordo com a Fig. 6; a precisão das coordenadas-imagem medidas, a qual representa a unidade de peso, é admitida como sendo $\sigma_0 = 10\mu\text{m}$. Os parâmetros de exatidão, levados em conta, são:

- (1) o desvio padrão das coordenadas do apoio terrestre (σ_{CP}).
- (2) o desvio padrão das medições fotogramétricas (na foto) dos pontos de apoio terrestre ($\sigma_{CP'}$).
- (3) a exatidão das coordenadas das estações da câmara obtidas por GPS (σ_{GPS}).

Deve-se relembrar que as verdadeiras magnitudes dos erros padrão não são essenciais, uma vez que somente as relações de pesos atuam no ajustamento por mínimos quadrados. Os resultados podem, portanto, ser transferidos para outros casos.

Fig. 7 Efeitos dos erros do apoio terrestre (σ_{CP} , $\sigma_{CP'}$) sobre blocos combinam com GPS.

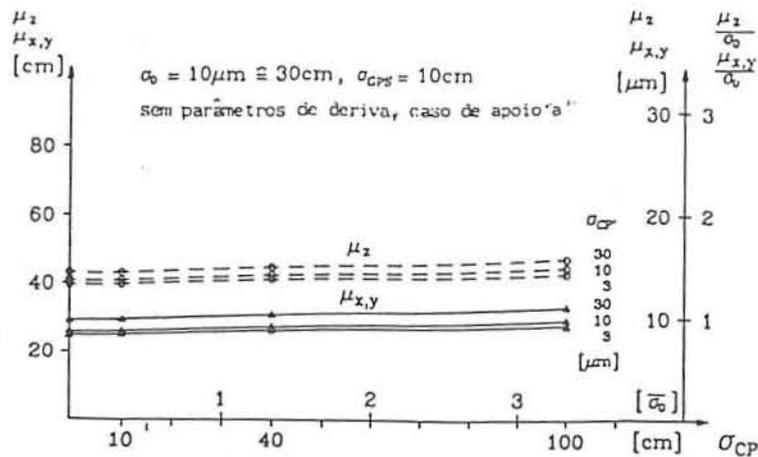
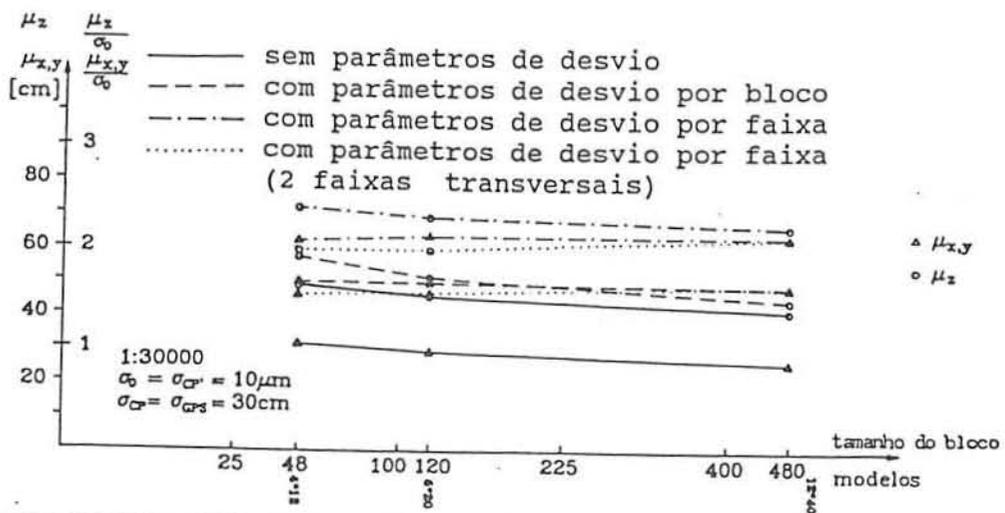


Fig.8 Influência do tamanho do bloco, na exatidão dos blocos combinados com GPS.



O ajustamento combinado do bloco é baseado no método do feixe de raios e leva em conta a opção de modelagem dos erros por parâmetros lineares de desvio, de acordo com as equações (1).

Vamos considerar, primeiro, o caso do ajustamento, combinado do bloco, sem parâmetros de desvio. A Fig.7 mostra que a variação dos desvios-padrão do apoio terrestre (σ_{cp} e $\sigma_{cp'}$) têm pouca influência sobre a precisão dos blocos ajustados, quase independente do fato de ser a exatidão do posicionamento da câmara (σ_{GPS}) muito alta, como mostrado na Fig.7, ou não. A Fig.8 mostra, igualmente, que a exatidão dos blocos ajustados é quase independente do tamanho do bloco, com ou sem a aplicação de parâmetros adicionais de desvio. Pode-se concluir que os resultados da exatidão das investigações subseqüentes, as quais se referem, todas, a um bloco de 6 x 20 pares estereoscópicos, podem ser tomadas como representativas para outros blocos, dentro de +- 10%, referindo-se os sinais a blocos menores ou maiores, respectivamente.

A pouca influência dos desvios-padrão dos pontos de apoio terrestre, de acordo com a Fig.6, justifica a introdução de algumas assunções generalizantes, as quais não são, de forma alguma, limitativas. Nós especificamos que a precisão das medições fotogramétricas de todos os pontos-imagem (pontos de amarração e pontos de apoio) é a mesma. Ademais, os erros-padrão das coordenadas-terreno, reduzidas para a escala das fotos, não devem ser maiores que os erros-padrão das coordenadas-imagem, uma assunção que é bem realística e em concordância com a prática corrente. Assim, com $\sigma_c = \sigma_{cp} = \sigma_{cp'} / s$ (sendo s o denominador da escala das fotos), as investigações de exatidão podem ser restringidas a considerar apenas a exatidão (σ_{GPS}) do posicionamento da câmara por GPS e as várias opções para correções de desvio e de datum, como principais parâmetros, em combinação com os dois casos normais de apoio terrestre, de acordo com a Fig. 6. Os resultados acham-se resumidos na Fig.9 (exatidão horizontal) e na Fig.10 (exatidão vertical).

As figuras 9 e 10 mostram a exatidão teórica dos blocos ajustados com GPS (cobrindo 6 x 20 pares estereoscópicos) como uma função da exatidão (σ_{GPS}) do posicionamento da câmara por GPS. A precisão resultante, após o ajustamento combinado do bloco, é expresso pelos valores dos erros médios quadráticos μ_x, μ_y e μ_z dos erros-padrão das coordenadas horizontais e verticais, respectivamente, de todos os pontos de amarração ajustados. Os valores da precisão são dados em centímetros, referidos à escala de 1:30.000 das fotos. Eles são, também, convertidos a múltiplos de σ_c , que tornam os resultados válidos para qualquer outra escala de foto. Os gráficos mostram, em primeira instância, 3 diferentes casos de correções de desvio pelo ajustamento do bloco, em combinação com os 2 casos normais sugeridos para o apoio terrestre (Fig.6). São eles:

- (1) sem parâmetros de desvio.
- (2) um conjunto de parâmetros de desvio para o bloco completo.
- (3) um conjunto, independente, de parâmetros de desvio para cada

- faixa, separadamente; caso do apoio da Fig.6a.
 (4) parâmetros de desvio por faixa; caso do apoio da Fig.6b.

A discussão e interpretação de parâmetros dos resultados podem ser distinguidas entre os caso de posicionamento da câmara por GPS, preciso ou menos preciso. Vamos observar, primeiro, as partes inferiores esquerdas das funções, nas figuras 9 e 10, representando o ajustamento do bloco com posicionamento preciso da câmara por GPS, especificado por $\sigma_{GPS}/s \leq \sigma_0$. Se os dados do GPS são absolutos, sem erros de desvio, as estações da câmara têm a exatidão absoluta determinada pelo GPS. Praticamente, não existe propagação de erros, no bloco, e a exatidão resultante é determinada, apenas, pelos meros erros de interseção dos respectivos raios, montando em $\leq 1.0\sigma_0.s$ e $\leq 1.5\sigma_0.s$, nas coordenadas X, Y e Z, respectivamente. Estes resultados ideais não podem ser mantidos se os parâmetros de desvio são aplicados no ajustamento do bloco, isto é; se os erros sistemáticos do GPS são para ser levados em conta e compensados pelo ajustamento combinado. Os parâmetros adicionais enfraquecem, de um grau considerável, a geometria do sistema. Os erros médios quadráticos das coordenadas horizontais μ_x, y são aumentados para $1.7\sigma_0.s$ e $2.1\sigma_0.s$, se é aplicada correção de desvio ao bloco ou às faixas, respectivamente, comparados com $1.0\sigma_0.s$, para o caso sem erros de desvio. Os valores respectivos, para μ_z , são $1.7\sigma_0.s$ e $2.3\sigma_0.s$, comparados com $1.5\sigma_0.s$.

Fig. 9 Influência da precisão do posicionamento da câmara, por GPS (σ_{GPS}), e dos parâmetros de desvio sobre a exatidão horizontal ($\mu_{x,z}$) dos blocos ajustados.

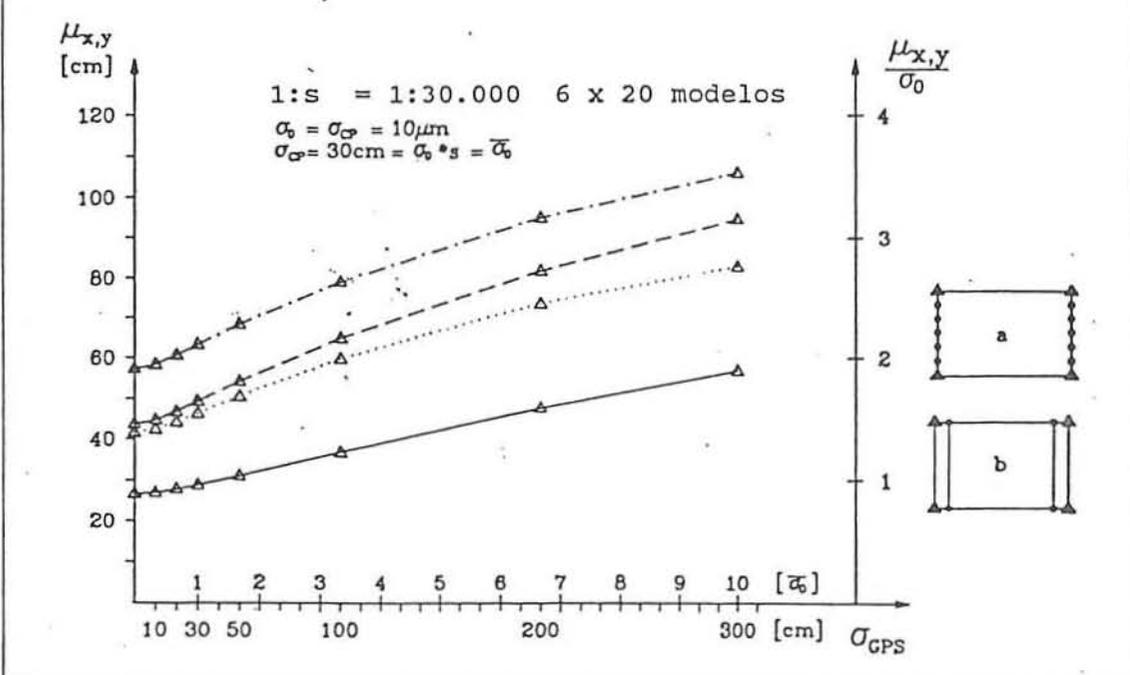
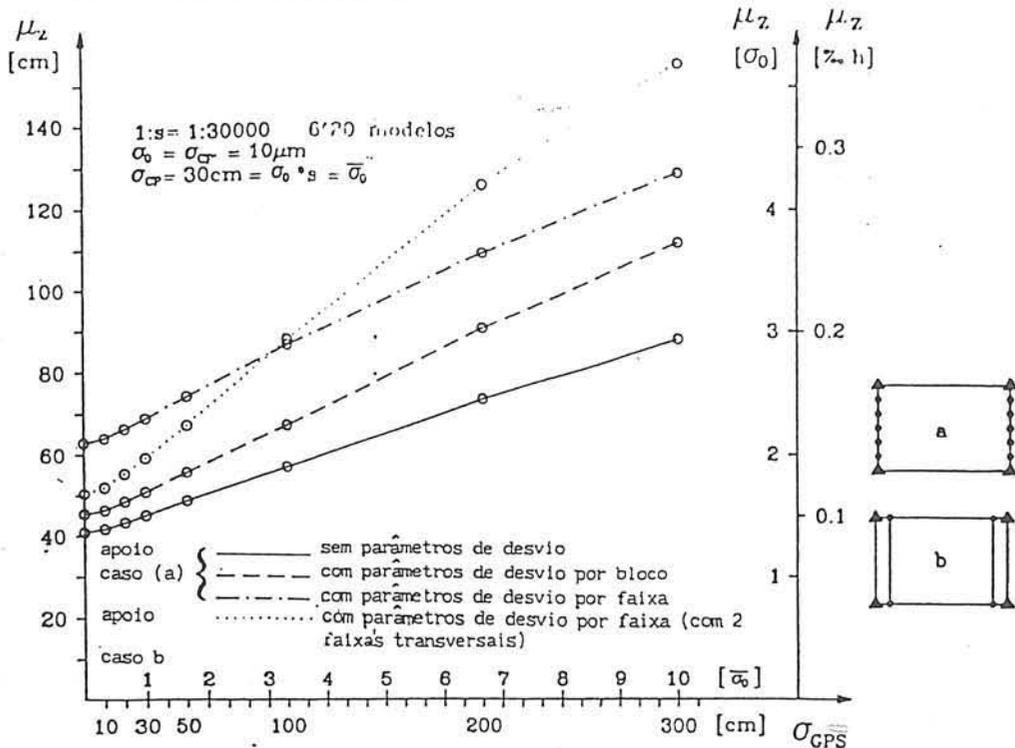


Fig.10 Influência do posicionamento da câmara, por GPS (σ_{GPS}), e dos parâmetros de desvio sobre a exatidão vertical (μ_z) dos blocos ajustado.



Os blocos com faixas transversais (apoio de acordo com a Fig.6b) e correções de desvio por faixas, ajustam-se muito favoravelmente e podem ser comparados àqueles com correções de desvio por bloco e padrão normal de distribuição do apoio da Fig.6a. Os resultados acham-se resumidos na Quadro 1, abaixo:

Quadro 1. Exatidão dos blocos ajustados por GPS; assunções padronizadas

casos de apoio a e b

Se,

$$\sigma_{CP} = \sigma_0 \cdot \sigma_{CP} \leq \sigma_0 \cdot s, \quad \sigma_{GPS} \leq \sigma_0 \cdot s \quad (s = \text{denominador da escala da foto})$$

então,

$\mu_{xy} \leq 1.0 \sigma_0 \cdot s$	$\mu_z \leq 1.5 \sigma_0 \cdot s$	(a, sem parâmetros de desvio)
$1.7 \sigma_0 \cdot s$	$1.7 \sigma_0 \cdot s$	(a, com parâmetros de desvio por bloco)
$2.1 \sigma_0 \cdot s$	$2.3 \sigma_0 \cdot s$	(a, com parâmetros de desvio por faixa)
$1.5 \sigma_0 \cdot s$	$2.0 \sigma_0 \cdot s$	(b, com parâmetros de desvio por faixa)

tamanho do bloco: 6 x 20 modelos

blocos menores: + 10%

blocos maiores: - 10%

Agora, vamos voltar os olhos para as funções de precisão das figuras 9 e 10, como elas reagem aos maiores valores de σ_{GPS} , isto é, como elas enfraquecem a precisão do posicionamento da câmara por GPS. Todas as relações crescem, monotonamente, com o σ_{GPS} , a taxas grosseiramente semelhantes (exceto para μ_z , caso b). O aspecto mais importante, entretanto, é que os erros médios quadráticos das coordenadas crescem mais lentamente, a uma taxa mais baixa que o próprio σ_{GPS} . Se a precisão do posicionamento da câmara por GPS chega até $\sigma_{GPS} = 10\sigma_0 \cdot s$, as magnitudes de $\mu_{x,y}$ e μ_z crescem apenas cerca de um fator 2 (exceto para μ_z , no caso das faixas transversais). A explicação tem relação com o bem conhecido efeito de tiragem da média, se um bloco tem muitos pontos de apoio. Assim, nós temos a bem favorável condição de que, até certo ponto, erros maiores do GPS podem ser tolerados, se a exatidão requerida para o bloco puder ser de, apenas, $2\sigma_0 \cdot s$ a $3\sigma_0 \cdot s$, em X e Y, ou 0,2% h a 0,3% h, em Z.

6.3 A consideração feita acima é de significativa importância prática, com relação à aplicação da aerotriangulação com o GPS, para mapeamento em média e pequena escalas. Nestes casos, há uma considerável margem entre a verdadeira precisão das medições fotogramétricas e a exatidão requerida para o mapeamento. Os erros médios quadráticos aceitáveis $\mu_{x,y}$ e μ_z , dos blocos ajustados, podem ser maiores que $\sigma_0 \cdot s$. Pode-se concluir, portanto, que os erros-padrão (σ_{GPS}) aceitáveis para o posicionamento da câmara por GPS, podem ser consideravelmente maiores que $\sigma_0 \cdot s$.

Isto pode ser verificado invertendo as relações das figuras 9 e 10. Perguntamos, agora, que σ_{GPS} é requerido a fim de atender as especificações dadas para $\mu_{x,y}$ e μ_z ? Para este fim, as relações das figuras 9 e 10 são transferidas para diferentes escalas das fotos, levando em conta as relações de peso, enquanto mantendo a geometria dos blocos.

Os resultados acham-se resumidos no Quadro 2. As exatidões requeridas $\mu_{x,y}$ e μ_z , para os blocos ajustados, foram esquematicamente, especificadas ao se referir às razões convencionais entre as escalas da foto e do mapa, aplicadas na prática e expressas na bem conhecida regra de Gruber ($s_{ph} = c\sqrt{s_{map}}$), e admitindo as especificações normais de exatidão dos mapas (ver as primeiras 5 colunas da Tabela 2). As correspondentes precisões requeridas (σ_{GPS}), de posicionamento da câmara por GPS são dadas na Tabela 2. Os 4 casos diferentes dos parâmetros de desvio e do apoio terrestre são ali destacados.

Quadro 2. Blocos a GPS para mapeamento - Exatidão requerida do posicionamento da câmara por GPS

escala do mapa	escala da foto	exatidão requerida do AT			σ_{GIS} requerido							
		$\mu_{x,y}$	μ_z	Intervalo de curva ΔH	(1)		(2)		(3)		(4)	
		m	m	m	x,y	z	x,y	z	x,y	z	x,y	z
1:	1:	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
100000	100000	5	4	20	39	16	21	11	19	8.5	27	8.2
50000	65000	2.5	2	10	18	6.9	9.2	4.5	7.5	2.8	11	2.4
25000	40000	1.5	1.0	5	11	2.8	5.4	1.8	4.4	0.7	6.8	0.9
10000	25000	0.8	0.6	2.5	3.6	1.6	1.3	1.0	0.6	0.4	1.7	0.5
5000	12000 SWA ¹⁾	0.3	0.25	1	1.9	0.3	1.0	0.2	0.3	-	0.9	0.05

$\sigma_0 = 10 \mu m$.
¹⁾ $\sigma_0 = 12 \mu m$ para z;

(1) caso de apoio (a), sem parâmetros de desvio
 (2) caso de apoio (b), com parâmetros de desvio por bloco
 (3) caso de apoio (a), com parâmetros de desvio por faixa
 (4) caso de apoio (b), com parâmetros de desvio por faixa
 (2 faixas Transversais)

Os resultados mostram, claramente, que os requisitos de precisão do posicionamento da câmara por GPS não são de todo críticos, para mapeamentos em escalas médias e pequenas. Até a utilização de observações de pseudo-distâncias do código-P, ou do código-C/A poderiam ser suficientes, em alguns casos. Até mesmo o pior caso de parâmetros de desvio por faixa (3), atende os requisitos para mapeamento topográfico, até a escala do mapa de 1:25.000, sem exigir valores precisos de σ_{GPS} , cuja magnitude pode ser de 1m ou maior. Em geral, os requisitos para a precisão vertical do posicionamento a GPS são um pouco mais apertados do que para a precisão horizontal.

As especificações para mapeamento em escala grande tornam-se mais rigorosas a medida que as escalas aumentam. Não obstante, os resultados do GPS podem ainda atender as suas exigências, especialmente porque as áreas dos projetos são, em geral, pequenas e os tempos de voo mais curtos. A precisão do posicionamento por GPS, com observação relativa de fase, pode-se, realisticamente, esperar que seja da ordem de 10cm, nesses casos.

Resumindo os resultados da Tabela 2, pode-se, de uma maneira geral, concluir que o posicionamento da câmara por GPS e a sua combinação com o ajustamento em bloco pode atender a todas as exigências de precisão para mapeamentos fotogramétricos. Em particular, são, também, aceitáveis especificações de um mínimo de apoio terrestre e de correções de desvio do GPS, embora estas últimas enfraqueçam a estabilidade geométrica, especialmente se aplicadas por faixa. Somente os blocos de aerotriangulação para mapeamento em escala grande (1:1.000) e determinação de pontos fotogramétricos (1:1), por ajustamento de bloco combinado com GPS é que requerem investigações mais específicas do que as apresentadas aqui. Espera-se, também, que, em qualquer caso, o ajustamento fotogramétrico, em bloco, de alta precisão, seja grandemente beneficiado com o uso do posicionamento da câmara por GPS.

7. Resumo e Conclusão

7.1 Não há dúvida de que o posicionamento da câmara por GPS é do maior interesse e importância econômica para a aerotriangulação. Ele é aplicável e altamente eficaz sobre toda a gama de escalas do mapeamento fotogramétrico. Seu principal efeito é, em todos os casos, que o número de pontos de apoio terrestre, convencionalmente requeridos, pode ser grandemente reduzido, chegando a muito poucos pontos. O método está pronto para aplicação prática, no que concerne ao equipamento. Existe, no mercado, um bom número de receptores de alta qualidade. O desenvolvimento dos programas também está bem adiantado. Os programas, originalmente simples, para o processamento dos dados do GPS cinemático, tiveram que se fazer mais sofisticados, a fim de tratar de todas as perturbações, tais como, perdas de ciclo, interrupções, ambigüidades de fase, linhas de base imprecisas etc. Nosso grupo de especialistas, em Stuttgart, tem esses programas de

computador prontos para aplicação, assim como o pacote de programas para ajustamento de bloco combinado com GPS, incluindo a capacidade de correção de desvios.

7.2 Existe um bom número de tópicos de pesquisa em que se podem fundamentar outras investigações. É, especialmente, desejável que sejam feitas experimentações adicionais concernentes ao comportamento dos erros sistemáticos do GPS sobre longas distâncias, até várias centenas de quilômetros, e longos períodos de tempo, até várias horas. Além disso, o uso operacional de blocos apoiados por GPS tem de ser demonstrado por exemplos práticos. Presentemente, um número razoável de blocos de teste e de aplicações-piloto acham-se em estudo em vários países. Os resultados estarão disponíveis num futuro muito próximo. Além disso, o problema do datum necessita atenção adicional. A aerotriangulação, apoiada por GPS, requer, em princípio, um bom conhecimento do geóide local, embora aproximações sejam suficientes, em muitas aplicações de mapeamento. Com relação aos sistemas nacionais de coordenadas geodésicas (como o UTM), a solução ideal, antecipada, seria que as fórmulas de transformação absoluta pudessem transformar, diretamente, as coordenadas WGS 84 para a rede nacional, dentro de 10cm de precisão, sem contar com pontos de apoio comuns, na área do projeto. Finalmente, à aplicação na fotogrametria, em escala grande, de alta precisão, a qual requer exatidão do GPS de poucos centímetros, terá de ser dada uma atenção mais acurada.

Em vista da moderada exatidão do GPS, requerida para mapeamento, de acordo com a Tabela 2, nenhum dos itens de pesquisa, mencionados, é particularmente crítico. Por conseguinte, a aplicação prática do GPS não terá que esperar que se achem disponíveis os resultados de pesquisas adicionais.

7.3 O posicionamento cinemático, relativo, da câmara, tem sua pioneira aplicação em aerotriangulação. Além disso, existem vários prolongamentos e aplicações adicionais em vista, os quais são, agora, mencionados, aqui, sem maior elaboração:

- (1) O GPS pode ser usado, também, para determinação da atitude da câmara. A idéia é colocar 3 antenas de GPS nas asas e na fuselagem do avião para formar um triângulo maior possível. Por interferometria, as diferenças de coordenadas entre as 3 antenas podem ser estabelecidas com uma precisão de cerca de 1mm. Assim, os valores da atitude podem ser derivados com a precisão de 10^{-4} radianos ou 6mgon. O desenvolvimento de programas e investigações quanto à exatidão e ao uso potencial da determinação da atitude por GPS foi iniciado recentemente.
- (2) Com ou sem dados de atitude por GPS, será possível, para algumas aplicações, simplificar, até certo ponto, a aerotriangulação e ainda obter resultados suficientes para atender as especificações do mapeamento. Todavia, a medição direta e precisa de todos os seis parâmetros de orientação exterior, por GPS, está bem adiantada. Não obstante, pode-se

imaginar algumas aplicações em que a orientação por GPS poderia ser usada diretamente, evitando, completamente, o processo de aerotriangulação.

- (3) O posicionamento por GPS de sensores outros, que não a câmara, está ganhando importância. São exemplos, os posicionamentos dos rastreadores multi-espectrais, dos perfilógrafos de radar ou "laser" e das câmaras digitais de barrete eletrônico (do tipo MOMS). Já têm sido obtidos resultados muito encorajadores. Pode-se esperar que o uso do posicionamento relativo, por GPS cinemático, desenvolver-se-á muito mais além das aplicações presentemente arroladas.

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO A REDE DE DRENAGEM NA
DISCRIMINAÇÃO DE SOLOS COM HORIZONTE B LATOSSÓLICO E B TEXTURAL.

Fernando Luiz de Paula Santil
Universidade Estadual de Maringá
Departamento de Geografia
Campus Universitário - Av. Colombo, 3690 - Maringá
87020-900

Dra Wolmar Aparecida Carvalho
Universidade Estadual Paulista
Departamento de Ciências Ambientais
Rua: Roberto Simonsen, 305 - C.P. 957 - Pres. Prudente
19080-900

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido objetivando:
a) discriminar solos com horizonte B textural e B latossólico através do estudo da rede de drenagem em amostras circulares de 10 Km²; b) verificar a eficiência das imagens do satélite TM-LANDSAT 5 em relação as fotografias aéreas pancromáticas no estudo da rede de drenagem, valendo-se do mesmo tipo de amostragem.

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões: a) independe a utilização de imagens ou fotos aéreas na obtenção dos parâmetros da rede de drenagem em áreas que contém o Latossolo; b) os produtos utilizados foram eficientes na discriminação dos solos estudados e c) a eficiência das fotos aéreas em relação as imagens de satélite, na obtenção dos parâmetros da rede de drenagem.

SUMMARY

The main purpose of this paper was to evaluate the potentiality of using TM/LANDSAT images in soil surveys through of comparison with the air photos.

The results led to the following conclusions:
1) the composition of drainage network parameters: number and total lenght of streams gave diferents soils with argillic B horizon and oxic B horizon in the both technic; 2) the pattern drainage parameters: drainage density, streams frequency and texture ratio gave diferents soils with argillic B horizon and oxic B horizon in the both technic; 3) the average values of number total of streams led to argillic B horizon and oxic B horizon throught on the air photos and the images is diferents, but the average values of total lenght of streams in the both technic is diferent with argillic B horizon and is the same staticament to oxic B horizon.

1. Introdução

A utilização de fotografia aérea na interpretação e mapeamento de solos teve início na década de 20 (SIMONSON (1950)) e a imagem de satélite na década de 70 (VETTORAZZI (1988)).

A interpretação de foto-

grafia aéreas, segundo RABBEN et al.(1980), RAY(1983) e RICCI & PETRI (1985), é dividida em duas etapas: na primeira inclui a observação, coleta de dados e identificação dos aspectos visíveis na mesma; a segunda en-

volve processos mentais dedutivos e/ou indutivos, usando a informação obtida na solução dos problemas.

Os métodos de fotointerpretação de solos (análise dos elementos, BURINGH (1960), e análise fisiográfica, GOOSEN (1968)) estudam aspectos da superfície terrestre que possuem correlação com os limites dos solos. Dos elementos observáveis na fotografia aérea, o relevo e a rede de drenagem favorecem a identificação dos solos, pois são os componentes da paisagem mais fáceis de serem observados e, mais, refletem as características internas do solo (LUEDER (1959) e GOOSEN (1968)).

Segundo CARTER & STONE (1974), é possível aplicar o mesmo procedimento de interpretação das fotografias aéreas nas imagens de satélite, tendo na interpretação visual destes últimos, o relevo e a rede de drenagem, como critérios indispensáveis para o mapeamento de solos.

A composição da rede de drenagem (n^o e comprimento de rios), segundo HORTON (1945), reflete alto grau de significância hidrológica e explica o desenvolvimento de sistemas hidrológicos e suas bacias de drenagem por processos de erosão hídrica que, para um dado ambiente, dependem, em primeiro lugar, de proporção entre infiltração e deflúvio.

PARR & BERTRAND (1960) concluíram que a velocidade de infiltração da água no solo é governada, principalmente, pelas condições de superfície e cobertura do solo, e depois pelas características internas do corpo do solo. Tal opinião é compartilhada por SMITH & WISCHEMEIER (1962).

RAY & FISCHER (1960) desenvolveram o critério de amostragem circular em estudos litológicos e FRANÇA (1968) adaptou-o para estudos pedológicos, na obtenção dos parâmetros da rede de drenagem e do relevo. Inúmeros trabalhos têm sido

desenvolvidos com este critério na discriminação de solos a partir dos parâmetros citados, e concluem a sua eficiência quando comparada a amostragem de bacia de 3^a ordem de ramificação.

2. Material e métodos

Serviu de base para o presente estudo uma área localizada no Oeste do Estado de São Paulo, contida na bacia do Ribeirão Santo Anastácio, e compreendida entre as coordenadas geográficas: 21°45' à 22°30' de Latitude Sul e 51°15' à 52°15' de Longitude WGr. (Fig.1)

Na área em questão estão presentes as seguintes unidades de solo: Latossolo Vermelho Escuro (LE), Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), Podzólico Vermelho Escuro (PE) e Podzólico Vermelho-Amarelo (PV), de acordo com a classificação e mapeamento realizado por CARVALHO et al. (1995).

Essa área está inserida no Planalto Ocidental Paulista, sub-região Médio Planalto, e é geologicamente constituída, principalmente, de arenitos do Grupo Bauru - Formação Adamantina e Santo Anastácio do Cretáceo Superior, segundo IPT (1981).

O clima da área predominante é do tipo Am, segundo a classificação climática de Köppen, isto é, tropical quente e úmido com chuvas no verão e seca no inverno. A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C e a do mês mais quente é superior a 22°C; o total anual de chuvas varia entre 1200 a 1400mm e a estação seca ocorre entre os meses de abril a setembro, sendo julho e agosto os meses que atingem maior intensidade (CARVALHO et al. (1995)).

Foram utilizadas fotoaéreas provenientes da cobertura aerofotogramétrica de 1978, na escala 1:20.000; fotoíndice na escala 1:100.000, na seleção numérica das fotografias; imagens de satélite, sob a forma de cópias em papel, em preto e

branco, na escala 1:50.000, sendo estas na banda 3 e 4 (outras características estão na tabela 1); cartas topográficas na escala 1:50.000, com curvas de nível equidistantes de 20 metros e mapas geomorfológico e geológico do IPT (1981), empregaram-se os seguintes equipamentos: estereoscópios de bolso Vasconcelos e de espelhos marca WILD, modelo ST4; aero-skectmaster da ZEISS, modelo luz; curvímeter marca Derby; transferidor, escala triangular e compasso de ponta seca.

As áreas estudadas foram identificadas com o auxílio de fotoíndices e obedecendo o método de pesquisa lógica de RABEN et al. (1960); foram selecionadas as mais representativas dos solos estudados e localizadas numericamente as fotografias aéreas necessárias.

A definição da rede de drenagem foi feita através de um cuidadoso exame estereoscópico e, conforme LUEDER (1959) e STRAHLER (1957), foram considerados tanto cursos d'água permanentes como temporários.

Foram elaborados mapas da rede de drenagem representativos dos solos estudados, extraídos das fotografias aéreas, pelo método da área útil descrito em COELHO (1972). As redes de drenagem decalcadas em papel kronaflex foram, a seguir, transferidas com o auxílio do aero-skectmaster para o mapa básico, na escala 1:50.000.

Os mapas das redes de drenagem extraídos das imagens foram elaborados utilizando-se concomitantemente as imagens dos canais 3 e 4, auxiliado pelas fotos aéreas e cartas topográficas. A definição dos segmentos de rios de 1ª ordem de ramificação foi auxiliada pela vegetação natural (mata ciliar), relevo e uso da terra, conforme sugestão de KOFFLER (1976), TOMNSHEND et al. (1979), EPIPHANIO et al. (1983) e COVRE et al. (1986).

Foram tomadas para cada unidade de solo seis amostras circulares, com área de 10 km², conforme proposição de RAY & FISCHER (1960), para interpretação litológica, e FRANÇA (1968), para interpretação pedológica. As amostras circulares foram orientadas de modo a conter o maior número possível de segmentos de rios de ordens pouco elevadas, que são mais eficientes para o estudo de solos, conforme sugestão de CARVALHO (1977) e NOGUEIRA (1979).

O centro das amostras foi traçado inicialmente na rede de drenagem obtida de fotografias aéreas. Estes foram transferidos para as imagens de satélite, a partir de alvos visíveis e identificáveis em ambos os produtos, utilizando-se o processo de intersecção à vante, o mesmo empregado na Topografia. As coordenadas geográficas do centro das amostras estão na tabela 2.

Tabela 1 - Características das imagens utilizadas.

Amostras	Sensor	Órbita/Pto WRS	Quadrante/ Subquadrante	Banda	Data da passagem
01	TM	223/075	D/B	3 e 4	13/JUN/91
02	TM	223/075	D/B	3 e 4	13/JUN/91
03	TM	223/075	D/B	3 e 4	13/JUN/91
04	TM	223/075	D/A	3 e 4	13/JUN/91
05	TM	223/075	D/A	3 e 4	13/JUN/91
06	TM	223/075	D/B	3 e 4	13/JUN/91
07	TM	222/075	C	3 e 4	24/JUN/91
08	TM	223/075	D/B	3 e 4	13/JUN/91
09	TM	223/075	D/B	3 e 4	13/JUN/91
10	TM	223/075	D/B	3 e 4	13/JUN/91
11	TM	223/075	D/B	3 e 4	13/JUN/91
12	TM	222/075	C	3 e 4	24/JUN/91

Tabela 2 - Coordenadas Geográficas do centro das amostras circulares de 10 km², representativas dos solos estudados.

Amostras Circulares	Latitude S			Longitude W Gr		
	Grau (°)	Min. (')	Seg. (")	Grau (°)	Min. (')	Seg. (")
Latossolo Vermelho-Escuro / Latossolo Vermelho-Amarelo						
01	22°	08'	25''	51°	42'	09''
02	22	07	44	51	46	52
03	22	11	07	51	47	36
04	21	54	43	52	08	36
05	21	59	23	52	03	56
06	22	10	28	51	39	59
Podzólico Vermelho-Escuro / Podzólico Vermelho-Amarelo						
07	21	55	04	51	49	50
08	21	58	53	51	30	56
09	21	56	15	51	43	00
10	22	06	06	51	51	31
11	22	00	55	51	42	47
12	22	00	44	51	40	43

Os parâmetros estudados da rede de drenagem foram reunidos em dois grupos, segundo a sua natureza, ou seja, os referentes à composição da rede de drenagem e àqueles referentes ao padrão de drenagem. Com relação aos elementos estudados do primeiro temos: ordem de ramificação (w), os segmentos de rios ou canais de drenagem foram classificados com base na ordem de ramificação, segundo o sistema de HORTON (1945) e modificado por STRAHLER (1957); número de segmentos de rios, foram contados os segmentos de cada ordem e o número total para cada amostra circular, sendo designados, respectivamente, por Nw e Nt; comprimento total de rios, foram medidos os comprimentos dos segmentos de rios de cada ordem de ramificação e o comprimento total de amostra representados por Lw e Lt, respectivamente; comprimento médio de rios (Lmw), foram obtidos dividindo-se a soma dos comprimentos de rios de cada ordem (Lw) pelo número de segmentos de rios da respectiva ordem (Nw).

Quanto aos elementos do padrão de drenagem estudados foram os seguintes: densidade

de drenagem (Dd), segundo HORTON (1945) e adaptada para amostra circular por RAY & FISCHER (1960), expressa em Km/Km²; frequência de rios (F), segundo HORTON (1945) e adaptada para amostra circular por SOUZA (1975), expressa em números de rios/Km²; razão de textura (T), segundo a definição de SMITH (1950), modificado por FRANÇA (1968) e adaptada por SOUZA (1975) para amostras circulares, expressa em números de rios/Km; razão de textura média (Tm), segundo SMITH (1950), modificada por FRANÇA (1968) e adaptada para amostras circulares por SOUZA (1975); textura topográfica, segundo a proposição de SMITH (1950) e adaptado por FRANÇA (1968).

Com o objetivo de avaliar a significância estatística das variáveis da composição da rede e do padrão de drenagem, na diferenciação dos solos estudados, foi aplicado o teste "t".

3. Resultados e discussão

A fig. 2 ilustra as amostras circulares obtidas de fotos aéreas e imagens de satélite, com a rede de drenagem das unidades de solo: LE/LV e PE/PV, que serviram de base pa-

ra a obtenção dos resultados referentes à composição da rede e do padrão de drenagem (tabela 3).

Nas tabelas 4 e 5 estão representados, respectivamente,

a comparação entre os produtos e os parâmetros da rede de drenagem para cada produto na discriminação dos solos estudados, sendo o teste "t" aplicado.

Tabela 4 - Valores médios das diferenças de número e comprimento total de rios obtidos de fotografias aéreas (FA) e de imagens de satélite (IS), desvio padrão da média e teste t, para os solos estudados.

Parâmetros	Valores médios das 6 repetições (diferença entre FA/IS)	Desvio Padrão da média	Teste t
Latossolo Vermelho Escuro / Latossolo Vermelho-Amarelo			
Nt	1,00	0,6324	3,8730*
Lt	0,88	1,0586	2,0439 ^{ns}
Podzólico Vermelho Escuro / Podzólico Vermelho-Amarelo			
Nt	14,83	7,3121	4,8015**
Lt	2,80	2,5075	2,7353*

** - significativo em nível de 1% ns - não significativo
* - significativo em nível de 5%

Tabela 5 - Teste t aplicado aos parâmetros da rede de drenagem obtidos de fotografias aéreas e imagens de satélite, na discriminação dos solos estudados.

Solo	Parâmetros	Valores médios	Erro Padrão Médio	Teste t
LV/LE	Nt/FA	4,8333	0,4014	8,3363**
PV/PE		45,8333	4,9180	
LV/LE	Nt/IS	3,8333	0,3073	6,3677**
PV/PE		31,5000	4,3340	
LV/LE	Lt/FA	7,7350	0,3811	20,9708**
PV/PE		22,5267	0,5970	
LV/LE	Lt/IS	6,8517	0,5638	10,6877**
PV/PE		19,7867	1,0709	
LV/LE	Dd/FA	0,7735	0,0381	20,9708**
PV/PE		2,2587	0,0597	
LV/LE	Dd/IS	0,6852	0,0564	10,6877**
PV/PE		1,9787	0,1081	
LV/LE	F/FA	0,4833	0,0401	8,3363**
PV/PE		4,4833	0,4902	
LV/LE	F/IS	0,3833	0,0307	6,3677**
PV/PE		3,1500	0,4334	
LV/LE	T/FA	0,4325	0,0359	8,3361**
PV/PE		4,0995	0,4384	
LV/LE	T/IS	0,3428	0,0275	6,3677**
PV/PE		2,8175	0,3877	

** - significativo em nível de 1%

Segundo FRANÇA (1988) utilizando-se amostras circulares há eliminação da influência da área e permite o deslocamento dentro da área estudada, facilitando dessa forma a obtenção dos parâmetros da rede de drenagem e do relevo, conforme verificado por MARCHETTI (1969), VASQUES FILHO (1972), LEÃO (1973) e GEVAERD (1974).

Analisando-se a tabela 3, onde são representados o número e comprimento total de rios para as amostras circulares, nota-se que os solos Podzólicos apresentam maior número e maior comprimento total de rios, em relação aos Latossolos e que a rede de drenagem obtida de fotografias aéreas apresenta maior número e maior comprimento de rios. A diferença apresenta-se mais nítida para os solos Podzólicos, que ocorrem em relevos mais acentuados propiciando um maior número de rios. Neste caso, a visão tridimensional da paisagem, permitida pelo recobrimento lateral das fotografias aéreas e uso do estereoscópio, permitiu a visualização de todos os canais de drenagem, não ocorrendo quando se utilizou a imagens de satélite.

Quando se sobrepõem as amostras circulares obtidas de imagens e fotos, para as unidades que as representam, nota-se que há similitude e pequenos deslocamentos - paralelos - entre as redes. Provavelmente ocorra devido ao modelo de correção geométrica orbital utilizado no processamento das imagens pelo INPE. Este método é de baixa precisão, na ordem de 2% (CRÓSTA (1993)) e para corrigi-lo é necessário utilizar o processo de reamostragem por interpolação, que adota pontos de controle e usa uma transformação afim para as relações geométricas entre os dois espaços. Além disso, segundo SANTOS (1989), na utilização de uma determinada banda para extração das coordenadas de um objeto visível deve-se efetuar uma transformação, chamada de

HELMERT que não afeta a geometria interna da imagem, para o sistema de referência da imagem, que contém a maior parte das informações, e desta para o sistema de projeção da carta na plotagem dos centros de cada amostra.

Observa-se na tabela 3 que o número de segmentos de rios, em cada ordem de ramificação, obtidos de fotos aéreas foi maior para os solos Podzólicos do que para os Latossolos, sendo os valores médios de segmentos de rios de 1^a ordem, respectivamente, de 4,83 e 45,83; os de 2^a ordem de 2,33 e 11,00; os de 3^a ordem de 0,17 e 2,87. As amostragens feitas no Latossolo não apresentam segmentos de rios de 4^a ordem de ramificação, sendo que o valor médio observado para os solos Podzólicos, para a 4^a ordem, foi de 0,83. Este fato mostra um comportamento hidrológico diferenciado para as duas unidades de solo. Os Latossolos permitem maior infiltração d'água das chuvas em detrimento ao escoamento superficial, o que propicia para esse solo uma relação infiltração/deflúvio maior do que para os solos Podzólicos, conforme constatado por FRANÇA (1988) e CARVALHO (1997,1981), sugerindo que os Latossolos são mais resistentes à erosão do que os Podzólicos, que possuem gradiente textural e ocorrem em relevo ondulado.

Na mesma tabela estão contidos os números de segmentos de rios, em cada ordem de ramificação, obtidos de imagens de satélite, pode-se notar que os valores são maiores para os solos Podzólicos. O exame conjunto para FA e IS, verifica-se que a rede de drenagem obtida de fotografias aéreas possui maiores valores de número de segmentos de rios em todas as ordens de ramificação para os solos Podzólicos e para os Latossolos tem-se os maiores valores de número de segmentos de rios de 1^a ordem e valores iguais de 2^a e 3^a ordens de ramificação, para os dois tipos

de obtenção da rede de drenagem.

Os solos Podzólicos por apresentar uma densidade de drenagem alta e relevo ondulado, os canais de 1^a ordem de ramificação são dificilmente observáveis nas imagens de satélite. Conforme GIMBARZEWSKI (1974), KOFFLER (1976), TOWNSHEND et al. (1979) e EPIPHANIO et al. (1983) tal dificuldade é devida a falta de estereoscopia, que dificulta o reconhecimento e o mapeamento completo da rede de drenagem. Entretanto, é possível avaliar e discriminar as unidades de solo estudadas, segundo estes autores, a partir das características quantitativas do padrão de drenagem.

Constata-se ainda que o comprimento total de segmentos de rios é maior para os solos Podzólicos, em todas as ordens de ramificação, nas amostragens das redes de drenagens obtidas de fotografias aéreas e de imagens de satélite, com valores médios respectivos de 22,59 Km e 19,79 Km, enquanto que para o Latossolo os valores médios respectivos são de 7,73 Km e 6,85 Km. Verifica-se que há uma proximidade dos valores de comprimento total de segmentos de rios de 1^a ordem de ramificação, principalmente para os solos Podzólicos. Este fato, aliado ao número de segmentos de rios que foi menor para a rede de drenagem obtida de imagens de satélite, sugere que esta não permite a visualização e, portanto, a contagem de todos os canais, principalmente os de ordens menos elevados, e que os possíveis de serem identificados apresentam-se mais longos em relação aos obtidos através de fotografias aéreas.

Para os Latossolos, que ocorrem em relevo suave ondulado, com declives de 3 à 8%, observa-se essa mesma tendência, sendo que para as amostras 4 e 8 ficou bem distinta, pois estas apresentam valores de comprimento total de segmentos

de rios de 1^a ordem de ramificação maiores na rede de drenagem obtida das imagens de satélite, provavelmente devido ao "sistema de projeção" da imagem (SOM - Projeção Espacial Oblíqua de Mercator) e o refinamento matemático aplicado a mesma.

As médias do comprimento médios de segmentos de rios de 1^a e 2^a ordens de ramificação, obtidos de fotografias aéreas e imagens de satélite foram maiores para os Latossolos e menores para os Podzólicos, permitindo uma diferenciação hidrológica desses solos. Esses valores obtidos de fotografias aéreas foram superiores na 1^a e 2^a ordens de ramificação quando obtidos de imagens de satélite, isto porque o número de canais de 1^a e 2^a ordens foram menores neste tipo de amostragem, devido a dificuldade de identificação dos mesmos em função do relevo.

O teste t aplicado aos valores médios das diferenças dos valores de número e comprimento total de rios obtidos das fotografias aéreas para as unidades de solo estudadas, tabela 4, resultou em uma significância em nível de 5% de probabilidade para o número total de rios e não foi encontrada significância estatística para os valores médios de comprimento de rios, isto é, para o Latossolo o comprimento total de rios mostrou-se semelhante nos dois tipos de produtos, ou seja, independe ser obtido por fotografias aéreas ou imagens de satélite, enquanto que para os solos Podzólicos foi encontrado uma significância estatística de 1% de probabilidade, para o número total de rios, e de 5% para comprimento total de rios.

Segundo RABBEN et al. (1960) a visão tridimensional da superfície, gerada a partir do par de fotografias e com o auxílio do estereoscópio, favorece a determinação dos rios de 1^a ordem, ou seja, as cabeceiras. Isto se deve a maior pro-

ximidade do sensor com a área.

A utilização de imagens de satélite de pequena escala, em estudos da rede de drenagem, apresentam limitações para a obtenção do traçado completo da rede. Segundo VALÉRIO et al. (1981) é necessário compatibilizar a escala do produto com o nível de detalhamento que determinarão o estudo a ser realizado.

Os resultados da análise estatística permitem afirmar que pode-se obter indiferentemente o comprimento total de rios em imagens de satélite, preto e branco, sensor TM (*Thematic Mapper*), canais 3 e 4, escala 1:50.000, e fotografias aéreas pancromáticas, escala 1:20.000, em áreas de relevo suave ondulado, com declives de 3 à 8%, e, conseqüentemente, de baixa densidade de drenagem, áreas de ocorrência de Latossolos. Em áreas de ocorrência de solos Podzólicos, de relevo ondulado, com declives de 8 à 20% e com alta densidade de drenagem, não é possível obter dados reais da composição da rede de drenagem, número e comprimento total de rios através dessas imagens. Neste caso, deve-se utilizar fotografias aéreas que permitam a visão tridimensional da paisagem.

As maiores dificuldades encontradas para a identificação e o traçado de rios nas imagens de satélite é quando a mata ciliar contém o canal de identificação, ou seja, na imagem observa-se o início do mesmo, porém quando este percorre o interior da mesma se torna impossível a sua delimitação, fato observado na amostra n^o 12 e por VETTORAZZI (1988).

Vários autores, dentre eles: FRANÇA (1988), SOUZA (1975), CARVALHO (1977, 1981), NOGUEIRA (1979), VALÉRIO FILHO (1984) e SILVA (1988), demonstraram que os índices densidade de drenagem, freqüência de rios e razão de textura são consistentes e refletem a influência do fator solo, no desenvolvi-

mento das redes de drenagem.

Verifica-se na tabela 3 que os parâmetros estudados forneceram índices que mostram uma nítida diferença entre as unidades Latossolo Vermelho Escuro/Latossolo Vermelho-Amarelo e Podzólico Vermelho Escuro/Podzólico Vermelho-Amarelo.

A densidade de drenagem, relacionando o comprimento total de rios com a área, mostrou-se um dado consistente, evidenciando uma diferença entre as duas unidades; o mesmo ocorreu com a freqüência de rios que relaciona o número total de rios com a área da amostra circular. Os valores médios obtidos de densidade de drenagem e freqüência de rios para os Latossolos e os Podzólicos, nos dois produtos (FA e IS), concordam com a sugestão de HORTON (1945) por caracterizarem quantitativamente as redes de drenagem dos solos estudados, uma vez que estas duas características relacionam a composição da rede (comprimento e número total de rios) a área da amostra circular.

Os valores obtidos para razão de textura média discriminou as duas unidades de solo resultando valores de 0,432 (FA) e 0,343 (IS) para os Latossolos enquadrando-se na classe de textura topográfica grosseira e valores de 4,100 (FA) e 2,818 (IS) para os solos Podzólicos enquadrando-se na classe de textura topográfica média. Estes resultados mostraram-se eficientes para caracterizar as texturas de drenagem ou topográfica dos solos estudados, concordando com LIMA (1987).

Estes resultados refletem a relação infiltração/deflúvio desses solos, que é menor para os solos Podzólicos em função do relevo de ocorrência, ondulado, e do gradiente textural ocorrente nessas classes de solos e maior para os Latossolos em função também do relevo de ocorrência, plano a suave ondulado, e das características físicas do corpo dos solos.

O teste t aplicado aos parâmetros da rede de drenagem (tabela 5) visando a discriminação dos solos estudados, nos dois produtos utilizados na obtenção dos dados, mostrou-se estatisticamente significativo em nível de 1% de probabilidade.

Estes resultados estatísticos foram possíveis, provavelmente, devido aos solos possuírem comportamento hidrológico bem distintos, refletindo nos valores de número e comprimento total de rios. Em virtude da amostragem ter sido circular, com área fixa de 10 Km², era esperado a mesma significância estatística para número total de rios e a frequência de rios; comprimento total de rios e a densidade de drenagem.

4. Conclusões

1. Os parâmetros da composição da rede de drenagem: número total de rios e comprimento total de rios discriminaram os solos Podzólicos dos Latossolos nos dois produtos de obtenção da rede de drenagem.

2. Os parâmetros do padrão de drenagem: densidade de drenagem, frequência de rios e razão de textura discriminaram os solos Podzólicos dos Latossolos nos dois produtos de obtenção da rede de drenagem.

3. Os valores médios de número total de rios obtidos para os solos Podzólicos e Latossolos através de fotografias aéreas e imagens de satélite diferem entre si, enquanto que os valores médios de comprimento total de rios obtidos pelos dois produtos para os solos Podzólicos diferem entre si e são estatisticamente iguais para os Latossolos.

5. Referência Bibliográfica

BURING, P. The applications of aerial photographs in soil surveys. IN: Manual of Photographic Interpretation. Washington: ASP, 1960, p. 633-666.

CARTER, L. D.; STONE, R. O.

Interpretation of orbital photographs. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Washington, 16, 3, p. 193-197, 1974.

CARVALHO, W. A. et al. Fotointerpretação, levantamento semi-detalhado dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras da Bacia do Rio Santo Anastácio, 1995. (prelo)

CARVALHO, W. A. Relações entre relevo e solos de bacias do Rio Capivara - Município de Botucatu-SP. Botucatu: FCA/UNESP, 1981. 193 p. Tese de Livre-Docência.

_____. Fotointerpretação de bacias hidrográficas e de amostras circulares de redes de drenagem de solos com horizonte B textural. Piracicaba: ESALQ/USP, 1977. 126 p. Tese de Doutorado.

COELHO, A. G. de S. Obtenção de dados quantitativos com o emprego de fotografias aéreas verticais. Aerofotografia. São Paulo, 8, p. 1-23, 1972.

COMISSÃO DE SOLOS. Levantamento dos solos do Estado de São Paulo. Boletim do Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agronômicas. Rio de Janeiro, 12, 634 p. 1980.

COVRE, M.; RIEDEL, P. S.; EPHIPANIO, J. C. N. Análise quantitativa da drenagem através de imagens TM/Landsat e fotografias aéreas. IN: Simpósio Latino Americano de Sensoriamento Remoto, Gramado, 1986. SELPER/

INPE/SBC, Gramado, p.280

CRÓSTA, A. P. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Campinas: UNICAMP, 1993, 170 p.

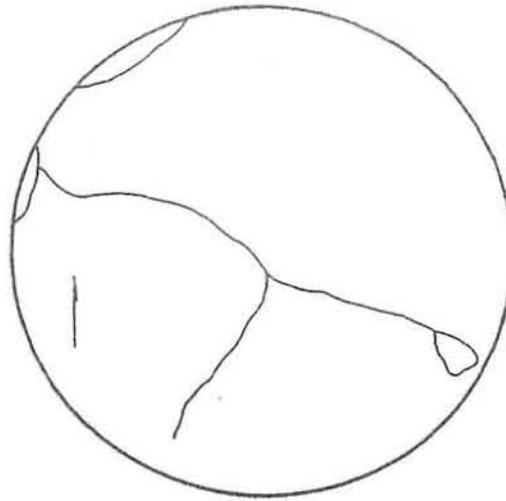
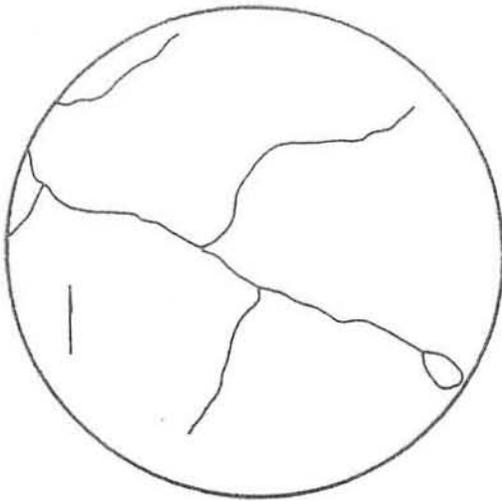
EPHIPANIO, J.C.N.; FORMA-

- GGIO, A.R.; VALERIO FILHO, M. Imagens RBV/Landsat-3 em estudos da rede de drenagem. IN: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2. Brasília, v. 1, p. 285-292.
- FRANÇA, G. V. Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. Piracicaba: ESALQ/USP, 1968, 151 p. Tese de Doutorado.
- GEVAERD, I. Parâmetros fotoanalíticos de três unidades de solos da região nordeste Paranaense. Piracicaba: ESALQ/USP, 1974. 110 p. Dissertação.
- GIMBARZEWSKI, P. ERTS-1 Images in Biophysical Studies. IN: Canadian Symposium on Remote Sensing, 2. Ottawa, 1974. Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa. v. 2, p. 391-403.
- GOOSEN, D. Aerial photointerpretation in soil survey. Soil Bulletin. Roma, 6, 55 p. 1968.
- HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Bulletim Geol. Soc. Amer. Colorado, 56, 1, p. 275-370, 1945.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, IPT, 1981, v. 2 (mapa), escala nominal 1:1.000.000.
- KOFFLER, N. F. Análise de relevo a partir de índices de drenagem obtidos com fotografias aéreas. Boletim de Geografia Teórica. Rio Claro, 12, 23-24, p. 69-76, 1982.
- . Utilização de imagens aerofotográficas e orbitais no estudo do padrão de drenagem em solos originados do Arenito Bauru. São José dos Campos: INPE, 1976. 167 p. Dissertação.
- LEIXO, S. R. F. Interpretação fotográfica dos padrões de drenagem desenvolvida em dois solos do Distrito Federal. Piracicaba: ESALQ/USP, 1973. 110 p. Dissertação.
- LIMA, S. L. Características da drenagem e do relevo de três solos do Estado de São Paulo, determinadas em fotografias e cartas topográficas. Piracicaba: ESALQ/USP, 1987. 100 p. Tese de Doutorado.
- LUEDER, D. R. Aerial Photographic Interpretation: Principles and Applications. New York: McGraw, 1959, 462 p.
- MARCHETTI, D.A.B. Fotointerpretação de atributos de relevo aplicada a solos da região de Piracicaba. Piracicaba: ESALQ/USP, 1969. 58 p. Tese de Doutorado.
- NOGUEIRA, F. P. Utilização de fotografias aéreas em três escalas no estudo de redes de drenagem em diferentes unidades de solo. Piracicaba: ESALQ/USP, 1979. 110 p. Dissertação.
- PARR, J.F.; BERTRAND, A.R. Water infiltration into soils. Adv. Agron. New York, 12, p. 311-363, 1960.
- RABBEN, E.L.; CHALMERS, E. L.; MANLEY, E.; PICKNIP, J. Fundamentals of photointerpretation. IN: Manual of Photographic Interpretation. Washington: ASP, 1960. p. 99-168.
- RAY, R. G. Fotografias aéreas na interpretação e mapeamento geológico. Tradução de Jesuino Felicíssimo Júnior. São Paulo: IGC, 1963, 162 p.
- RAY, R. G.; FISCHER, W. A. Quantitative photography a geologic research tool Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.

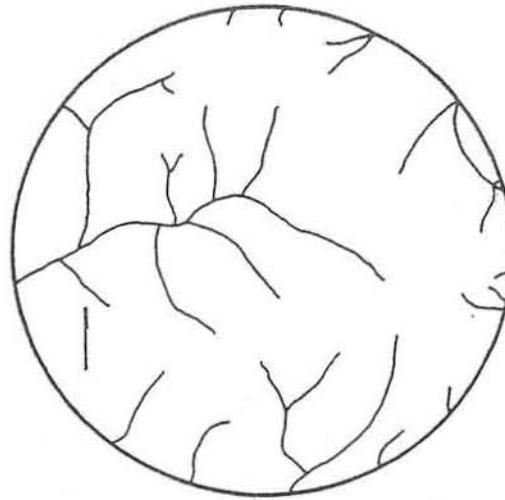
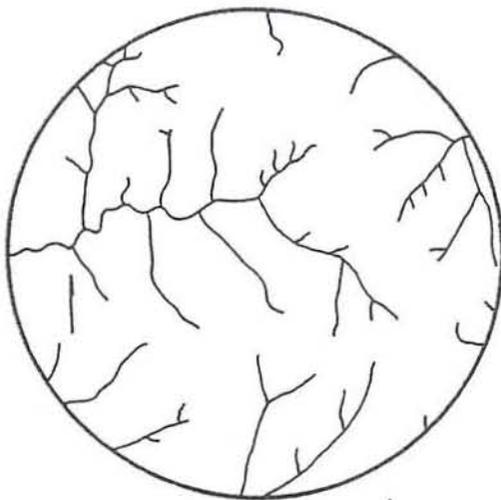
- Washington, 28, 1, p. 143-150, 1980.
- RICCI, M.; PETRI, S. Princípios de Aerofotogrametria e Interpretação Geológica. São Paulo: Nacional, 1965, 226 p.
- SANTOS, J. N. Uma metodologia para atualização planimétrica de cartas a partir de imagens de satélite. Rev. Bras. Cartografia. Rio de Janeiro, 43, p. 63-66, 1989.
- SIMONSON, R. W. Use of aerial photographs, in soil surveys. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. Washington, 16, p. 308-315, 1950
- SILVA, M. S. Fotointerpretação da rede de drenagem e do relevo de três solos do Município de São Manuel-SP. Botucatu: FCA/UNESP, 1988. 163 p. Tese de Doutorado.
- SMITH, D.D.; WISCHMEIER, W. H. Rainfall erosion. Adv. Agron. New York, 14, p. 109-142, 1962.
- SMITH, K. G. Standards for grading texture of erosional topography. Amer. Journal Science. New Haven, 248, p. 655-668, 1950.
- SOUZA, M. L. P. Fotointerpretação das redes de drenagem de três solos com horizonte B latossólico ocorrentes no Município de Ponta Grossa-PR. Piracicaba: ESALQ/USP, 1975. 135 p. Dissertação.
- STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans. A. Geophys. Union. New Haven, 38 p. 913-920, 1957.
- TOWNSHEND, J.R.; WILLIAMS, D.F.; JUSTICE, C. O. An evaluation of Landsat-3 RBV imagery for an area of complex terrain in southern Italy. IN: International Symposium on Remote Sensing of Environment, 13, Michigan, 1979. Michigan, v. 3, p. 1839-1852.
- VALÉRIO FILHO, M. Parâmetros de drenagem e do relevo na caracterização de solos e suas relações fotointerpretativas em imagens de pequena escala. Piracicaba: ESALQ/USP, 1984. 141 p. Tese de Doutorado.
- VALÉRIO FILHO, M.; EPIPHÂNIO, J.C.N.; FORMAGGIO, A.R. Metodologia de interpretação de dados de Sensoriamento Remoto e aplicações em Pedologia. São José dos Campos: INPE, 1981, 52 p.
- VASQUES FILHO, J. Crêterios morfométricos aplicados a fotointerpretação de redes de drenagem em três unidades de solos no Município de Piracicaba-SP. Piracicaba: ESALQ/USP, 1972. 113 p. Tese de Doutorado.
- VETTORAZZI, C. A. Interpretação visual de imagens TM/Landsat, em duas escalas, na caracterização fisiográfica e mapeamento de solos. Piracicaba: ESALQ/USP, 1988. 182 p. Tese de Doutorado.
- VILAS BOAS, S. Parâmetros da rede de drenagem e do relevo na discriminação de solos do Município de Botucatu-SP. Botucatu: FCA/UNESP, 1991. 129 p. Dissertação.

Tabela 1 - Parâmetros das amostras circulares e da rede de drenagem das doze amostras circulares representativas dos solos estudados.

PARÂMETRO	AMOSTRAS CIRCULARES																							
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS	FA	IS
Nw ₁	4	3	6	4	5	4	4	4	6	5	4	3	53	29	32	20	55	49	35	27	39	25	61	39
Nw ₂	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	12	5	10	8	14	11	8	8	8	8	14	11
Nw ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3	1	3	2	3	3	2	2	2	2	3	3
Nw ₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Lw ₁	4,73	4,77	5,83	4,45	6,37	4,22	4,98	5,75	4,64	4,57	4,90	5,50	12,87	12,54	13,90	11,24	14,79	12,71	11,53	11,55	11,12	10,02	13,07	11,70
Lw ₂	1,48	0,11	2,12	1,77	1,75	1,75	2,57	2,44	2,71	2,38	2,62	1,99	6,98	3,60	4,85	3,73	4,78	6,21	6,04	4,97	6,81	6,02	5,39	5,75
Lw ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	1,71	1,41	0	0	2,43	1,08	2,30	1,16	2,09	1,96	2,66	2,98	3,05	1,52	2,74	2,86
Lw ₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,55	0	2,43	1,27	2,69	2,72	0	0	0,62	1,14	1,83	1,99
Lmw ₁	1,18	1,59	0,97	1,11	1,27	1,06	1,24	1,44	0,77	0,91	1,22	1,83	0,24	0,43	0,43	0,56	0,27	0,26	0,33	0,43	0,29	0,40	0,21	0,30
Lmw ₂	1,48	0,11	2,12	1,77	1,75	1,75	2,57	2,44	1,36	1,19	2,62	1,99	0,58	0,72	0,49	0,47	0,34	0,56	0,76	0,62	0,85	0,75	0,39	0,52
Lmw ₃	0	0	0	0	0	0	0	0	1,71	1,41	0	0	0,81	1,08	0,77	0,58	0,70	0,65	1,33	1,49	1,52	0,76	0,91	0,95
Lmw ₄	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,55	0	2,43	1,27	2,69	2,72	0	0	0,62	1,14	1,83	1,99
Dd	0,62	0,49	0,80	0,62	0,81	0,60	0,76	0,82	0,91	0,84	0,75	0,80	2,28	1,72	2,35	1,74	2,43	2,36	2,02	1,95	2,16	1,87	2,30	2,23
F	0,40	0,30	0,60	0,40	0,50	0,40	0,40	0,40	0,60	0,50	0,40	0,30	5,30	2,90	3,20	2,00	5,50	4,90	3,50	2,70	3,90	2,50	6,10	3,90
T	0,36	0,27	0,54	0,36	0,45	0,36	0,36	0,36	0,54	0,45	0,36	0,27	4,74	2,59	2,86	1,79	4,92	4,38	3,13	2,41	3,49	2,24	5,46	3,49
Nt	5	4	7	5	6	5	5	5	9	8	5	4	69	35	46	31	73	64	45	37	50	36	79	54
Lt	6,21	4,88	7,95	6,22	8,12	5,97	7,55	8,19	9,06	8,36	7,52	7,49	22,83	17,22	23,46	17,40	24,35	23,60	20,23	19,50	21,60	18,70	23,03	22,30



Latossolo Vermelho Escuro/Latossolo Vermelho-Amarelo
(LE/LV)



Podzólico Vermelho Escuro Podzólico Vermelho-Amarelo
(PE/PV)

(a)

(b)

Fig. 2 - Amostras circulares da rede de drenagem obtidas das fotografias aéreas (a), imagens de satélite (b) e representativas das unidades de solo estudadas.

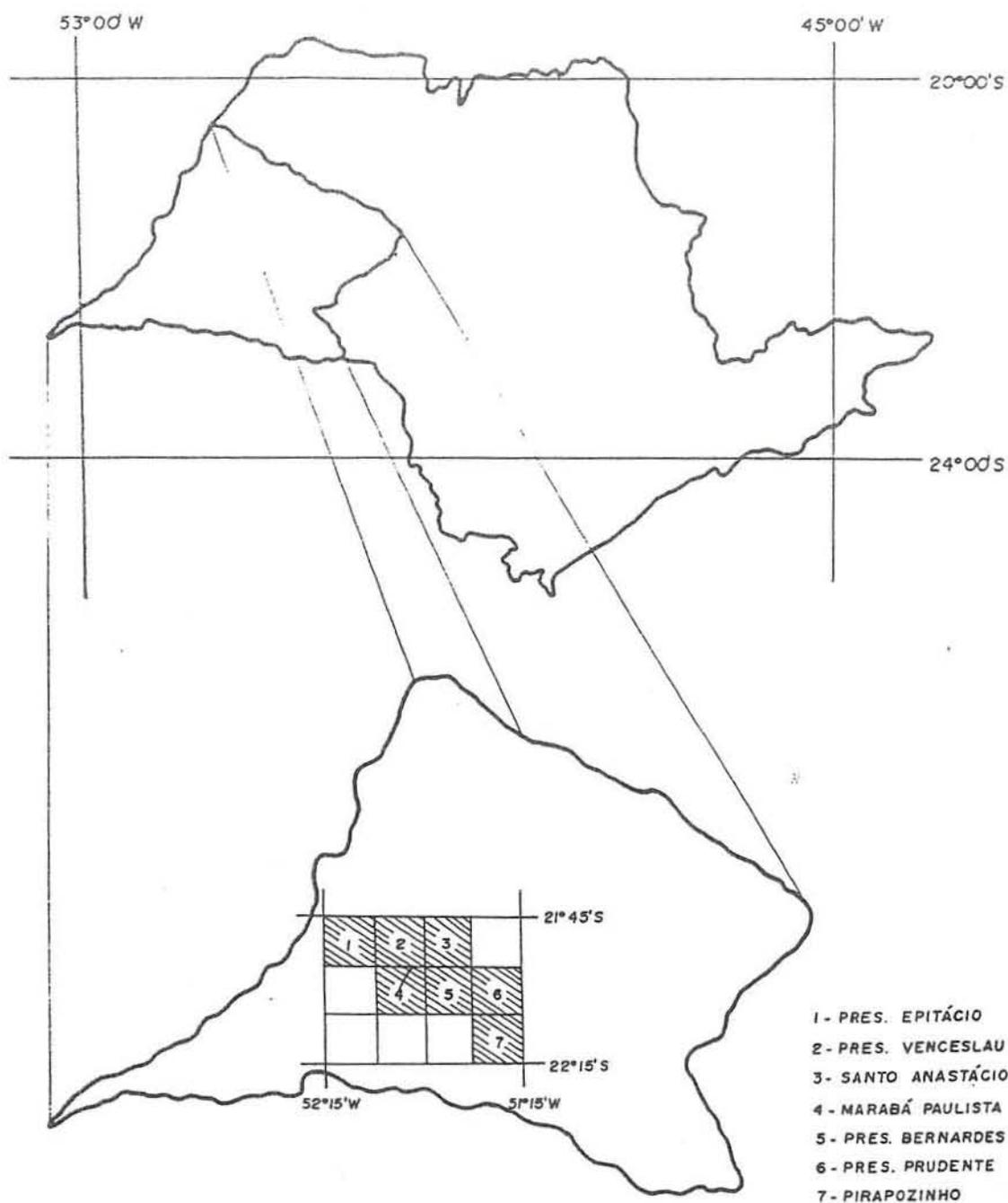


Fig. 1 — Localização da área estudada, representada pelas Folhas da Carta do Brasil (IBGE, 1974), onde foram feitas as amostragens.

Orbit Improvement and Generation of Ephemerides for the Global Positioning System Satellites: A Summary

Marcelo C. Santos, Petr Vaníček and Richard B. Langley

Geodetic Research Laboratory
Department of Geodesy and Geomatics Engineering
University of New Brunswick, P.O. Box 4400
Fredericton, NB, Canada E3B 5A3

ABSTRACT

The ephemerides that describe the orbits of the Global Positioning System (GPS) satellites represent the solution of the equations of motion of the satellites. They require initial conditions (position and velocity) and a model which describes the forces that govern the motion of the satellites. A small offset in the initial conditions may cause hundreds, or even thousands, of metres of error in satellite position after a few days of integration. To avoid this problem, the initial conditions, plus some parameters of the force field, must be adjusted through a process known as orbit improvement. The improved initial conditions can then be used for the generation of the post-fitted ephemerides. This paper focuses on the orbit improvement and generation of ephemerides for GPS satellites. For our analysis, we processed a network of North American stations contributing to the global network of the International GPS Service for Geodynamics (IGS). To obtain a measure of accuracy of the geodetic network solution we have compared the resulting baselines with published International Earth Rotation Service Terrestrial Reference Frame ITRF92 values, and the improved orbits with the IGS orbits.

RESUMO

As efêmerides que descrevem a órbita dos satélites GPS representam uma solução particular das equações de movimento. A solução destas equações requer condições iniciais (posição e velocidade, agrupados no chamado vetor de estado inicial) e um modelo que descreva as forças que governam o movimento dos satélites. As condições iniciais têm que ser consistentes com a órbita a ser gerada. Uma pequena diferença nas condições iniciais podem acarretar em erros na posição dos satélites na ordem de quilômetros após alguns dias de integração. Para evitar-se este problema, as condições iniciais, bem como alguns parâmetros do modelo de força (por exemplo, os parâmetros da pressão da radiação solar) devem ser ajustadas dentro de um processo aqui chamado de determinação de órbitas. Neste contexto, as condições iniciais e os parâmetros do modelo de força constituem os parâmetros orbitais. No procedimento de determinação de órbitas, os parâmetros orbitais são estimados usando-se observações coletadas por estações cujas coordenadas sejam conhecidas, ou que sejam estimadas junto com os parâmetros orbitais. As condições iniciais ajustadas podem então ser utilizadas para a geração das órbitas dos satélites GPS. Este artigo se ocupa da determinação e geração de órbitas para os satélites GPS. As órbitas são determinadas usando-se dados de uma sub-rede do Serviço Internacional GPS para a Geodinâmica (IGS), composta por estações no Canadá e EUA. A partir desta solução, órbitas regionais são geradas, e comparadas com as órbitas do IGS. Uma avaliação da precisão externa do ajustamento desta rede é possível através da comparação das bases ajustadas com os valores publicados no referencial ITRF92.

1 Introduction

The orbit of a satellite is the solution of a second order differential equation system, known as the equations of motion. The equations of motion can be numerically integrated provided initial conditions at an initial time t_0 are given. The initial conditions are a vector composed of the initial position and velocity of the satellite, or its equivalent osculating Keplerian elements, at the initial epoch. In this paper, this vector of initial conditions is referred to as the state vector. The solution of the equations of motion yields a set of satellite positions and velocities, at any other time, as a function of these initial conditions.

The equations of motion describe the motion of a satellite in two parts: (1) an elliptical orbit, in which the satellite is under the influence of the central part of the earth's gravitational field only, and (2) some perturbing accelerations which cause departures from this elliptical orbit. The perturbing accelerations are caused by: the non-central part of the earth's gravitational field; gravitational effects of the moon, the sun, and other celestial bodies; the direct and indirect effects of solar radiation pressure; the atmospheric drag effect; ocean and earth tides; relativistic effects; electromagnetic effects; thruster firings and out-gassing. If these perturbations were perfectly modelled, the integrated orbit would pinpoint the satellite position at any given time.

The three sources of error in orbit determination are: (1) the numerical integration technique, coming from the stability of the integrator itself or from the numerical integration step size; (2) the force model used; and (3) the initial conditions (a small offset in the initial conditions may cause hundreds or even thousands of metres of error after a few days of integration). These errors can be reduced by: (1) choosing a stable integrator that makes use of a step size large enough to save computing time and to avoid inte-

gration errors; (2) adopting a sophisticated force model that accounts for all significant perturbations; and (3) improving the initial conditions with respect to observations to the satellite, a process known as orbit improvement.

In the research described in this paper, we concentrate on GPS orbit improvement. By orbit improvement, we are talking about the procedure in which orbital parameters of a satellite (initial state vector and solar radiation pressure parameters) are estimated using observations to this satellite collected by stations whose coordinates are known, or estimated together with the satellite's orbital parameters. For the work reported in this paper, we used a regional GPS network. The technique of orbit improvement helps us to obtain better results in the network adjustment by allowing the orbital parameters to "learn" from the satellites' trajectories defined by the observations and, regarded as extra parameters in the adjustment, helps to absorb possible mis-modellings of the observations. The numerical integration technique and the force model used in this orbit improvement analysis are capable of overcoming the error sources 1 and 2 enumerated above.

2 Adopted Model

In order to carry out the objective of this paper, a model was adopted. This model uses: the geopotential contribution represented by the GEM-T3 model [Lerch *et al.*, 1992] up to 8th degree and order; the sun and moon regarded as point masses according to Rizos & Stolz [1985]; the direct and y-bias effects of the solar radiation pressure [Beutler *et al.*, 1986]; the solid earth tides [Rizos & Stolz, 1985]; and, the relativistic effect [International Earth Rotation Service, 1992]. The effects caused by the earth's reflectivity, ocean tides, atmospheric drag, satellite maneuvering and gravitational field of the planets were

disregarded.

The solution of the equations of motion requires that the numerical integration be carried out in an inertial coordinate system (ICS). The adopted ICS for the numerical integration of the equations of motion is the true right ascension (TRA) system at a reference epoch t_0 , which is the initial epoch of the equations of motion.

The integration techniques applied was the Störmer-Cowell methods, of 11th order [Velez & Maury, 1970]. The starting values required by these methods were computed following Velez & Maury [1970].

3 Results

For the present analysis, we used GPS data covering the full 24 hours of day 003 (GPS week 730) collected by 8 IGS stations. Figure 1 shows the geographical distribution of these stations. They are: Algonquin (ALGO), Penticton (DRAO), Fairbanks (FAIR), Goldstone (GOLD), Pie Town (PIE1), Richmond (RCM5), Saint John's (STJO) and Yellowknife (YELL). This network was used to form

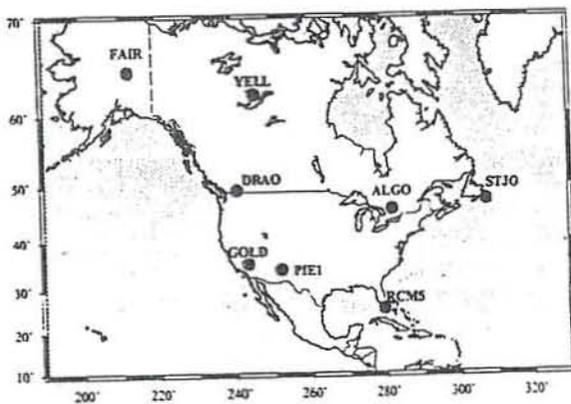


Figure 1: North-American network (based on IGS stations).

the baselines ALGO-STJO, ALGO-PIE1, GOLD-PIE1, PIE1-RCM5, GOLD-DRAO,

FAIR-DRAO and YELL-DRAO. The criteria for selecting these baselines were: first, maximum number of double-differences; second, shortest baseline length. The station coordinates are defined in the ITRF92. We have followed the IGS choice of fiducial stations [Kouba, 1993]

The orbit improvement was carried out using the new version of the Differential Positioning Program package (DIPOP) [Vaníček *et al.*, 1985], which is capable of handling observations from different baselines simultaneously allowing for the full mathematical correlation between baselines to be taken into account [Santos, 1995].

The accuracy of the adjusted station coordinates was measured by comparing the components of the baselines with their published ITRF92 counterparts. A summary of the accuracy, by means of the relative error in baseline length, is shown in Figure 2. The average relative error is 2.27×10^{-8} ; the lowest is equal to 2.57×10^{-10} ; and the highest is equal to 4.76×10^{-8} .

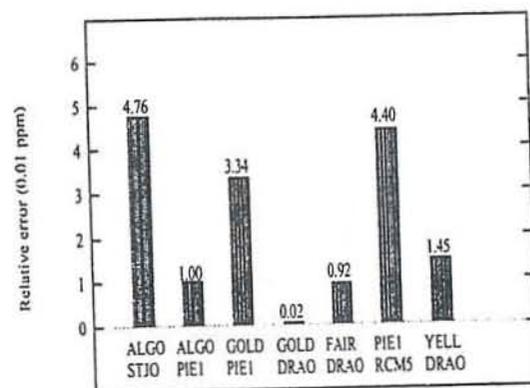


Figure 2: Relative error in baseline length.

The set of improved initial satellite orbits conditions was used to generate the post-fitted (improved) ephemerides. These ephemerides were then compared with the published IGS orbits, regarded in this study as a benchmark. The differences, termed the

“orbital residuals”, were expressed in radial, along-track and cross-track components in a satellite-centered coordinate system. Figures 3 and 4 depict the orbital residuals for satellite PRN 28. Due to the regional extent of the North American network, the GPS satellites have not been observed continuously by all stations throughout the observation session. This lack of simultaneous observations for a particular satellite for a certain period of time results in a larger orbital residual for the period during which the satellite was not observed. The orbital residuals shown point out the difference between the strategies used to generate the orbits being compared: the IGS orbits are generated based on a global network whereas the orbits we have generated come from a regional network.

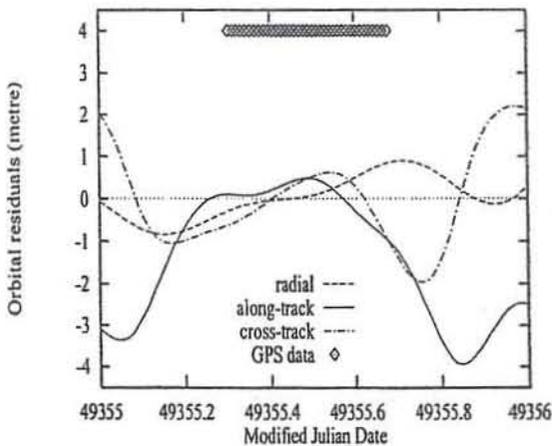


Figure 3: Orbital residuals for PRN 28 – the whole day.

4 Conclusions

The technique of orbit improvement with consequent generation of ephemerides for GPS satellites has been applied in this paper. A test orbit improvement was carried out based on a regional network composed of some North American IGS stations. The results of this combined adjustment of stations and orbits was assessed by using the published ITRF92

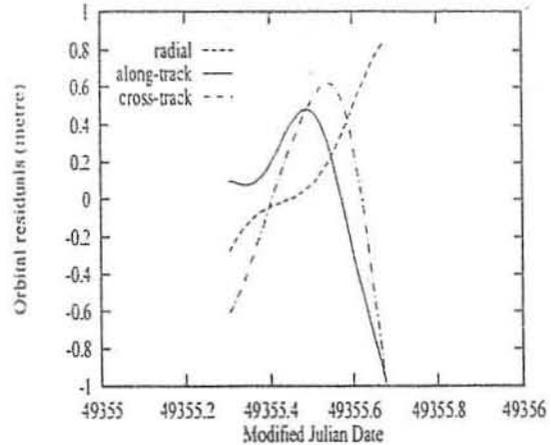


Figure 4: Orbital residuals for PRN 28 – data coverage only.

coordinates and the IGS orbits as benchmarks. Baselines with relative error of the order of 0.02 ppm were obtained. The generated regional ephemerides agree with the IGS at the single metre level. The comparison with the IGS orbits also shows that regional orbits can be of sufficiently good quality for the period of time when observations are collected.

5 Acknowledgments

Funds for the research reported in this paper were provided by Brazil’s Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Thanks to A. van der Wal for comments on a draft of this paper.

6 References

- Beutler, G., W. Gurtner, M. Rothacher, T. Schildknecht, I. Bauersima (1986). “Determination of GPS orbits using double difference carrier phase observations from regional networks.” *Bulletin Géodésique*, Vol. 60, pp. 205–220.
- International Earth Rotation Service (1992). *IERS Standards*, International Earth Rotation Service (IERS) Technical Note

- 13, D. D. McCarthy (Ed.), Central Bureau of IERS, Paris, France.
- Lerch, F., R. Nerem, B. Putney, T. Felstenreger, B. Sanches, S. Klosko, G. Patel, R. Williamson, D. Chinn, J. Chan, K. Rachlin, N. Chandler, J. McCarthy, J. Marshall, S. Luthcke, D. Pavlis, J. Robbins, S. Kapoor and E. Pavlis (1992). "The GEM-T3 gravitational model." NASA Technical Memorandum 104555, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Md., U.S.A.
- Kouba, J. (Ed.) (1993). *Proceedings of the IGS Analysis Center Workshop*, Natural Resources Canada, Ottawa, Canada, October 12-14.
- Rizos, C. and A. Stolz (1985). "Force modelling for GPS satellite orbits." *Proceedings of the First International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System*, Rockville, Md., U.S.A., April 15-19, Vol. 1, pp. 87-96.
- Santos, M. C. (1995). *On Real-time Orbit Improvement for GPS Satellites*. Ph.D. dissertation, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, Fredericton, N.B., Canada.
- Vaniček, P., G. Beutler, A. Kleusberg, R. B. Langley, R. Santerre and D. E. Wells (1985). "DIPOP Differential Positioning Package for the Global Positioning System." Department of Surveying Engineering Technical Report No. 115, University of New Brunswick, Fredericton, N.B., Canada.
- Velez, C. E. and J. L. Maury (1970). "Derivation of Newtonian-type integration coefficients and some applications to orbit calculations." NASA Technical Note TN D-5958, Goddard Space Flight Center, Md., U.S.A.

CARTAS NÁUTICAS PARA ESPORTE E RECREIO DO LITORAL BRASILEIRO

por Eliana F. LIRA¹ e Fernando AMADEO²

Abstract

Brazil, a country of continental dimensions, having a coast line of about 4,000 nautical miles in length, covered by beaches and bays unique in natural beauty, is proper for small craft navigation.

According to a recent survey, the total number of small crafts registered is around 30,000, involving over 100,000 people, which, for a developing country, is a large number. This great number of users justifies DHN's preoccupation regarding the safety of yachtsmen's navigation.

Since 1988, this Directorate has been promoting an annual Seminar on Safety of Navigation, in which a working group, composed by yachtsmen's and Navy's organizations representatives has dedicated itself exclusively to this activity. Due to users' claims for the availability of a cartographic document suitable for used within the limited space of small crafts. DHN, based on proposals presented by that working group, has made a contract with a national private company for the production of these charts.

This paper describes the process of production of such charts, from the planning phase and data collection to their homologation by DHN as cartographic documents intended for small craft navigation.

RESUMO

O Brasil, país de dimensões continentais, com um litoral de cerca de 4.000 milhas náuticas, repleto de belas e acolhedoras praias e enseadas, com clima predominantemente tropical, é um território altamente propício à navegação de esporte e recreio, durante todo o ano.

Segundo dados existentes na Diretoria de Portos e Costas, o número atual de embarcações de recreio registradas no Brasil é da ordem de 30.000, envolvendo cerca de mais de 100.000 usuários. Para um país em desenvolvimento é um número significativo, e justifica a preocupação da DHN com respeito à Segurança da Navegação de Esporte e Recreio.

Desde 1988 a DHN vem promovendo, anualmente, o "Seminário Sobre Segurança da Navegação", onde, no Grupo de Trabalho de Esporte e Recreio, composto por usuários e por representantes das organizações navais envolvidas com esta atividade, são discutidos os temas específicos sobre o assunto. Fruto das propostas emanadas deste GT, a DHN criou as condições necessárias à edição das Cartas Náuticas para Esporte e Recreio do litoral brasileiro.

Este artigo descreve os procedimentos para a produção de tais cartas, desde a fase de planejamento e coleta dos dados, até sua homologação pela DHN como documento cartográfico destinado à navegação de esporte e recreio.

¹ Engenheira Cartógrafa, Encarregada da Divisão de Cartografia Oceânica da DHN

² Engenheiro Cartógrafo da Divisão de Cartografia Oceânica da DHN

HISTÓRICO

A DHN tem como uma de suas missões produzir e manter atualizadas Cartas Náuticas destinadas à Segurança da Navegação. A grandeza e as peculiaridades do litoral brasileiro, com a sua imensa variedade de portos, baías e terminais, além dos inúmeros rios e lagoas navegáveis exige que a DHN publique cartas dos mais variados tipos, tais como as destinadas à navegação de cabotagem, à navegação internacional, à navegação interior, as de aproximação, as de detalhes e tantas outras, cujo objetivo, sempre, é a Segurança da Navegação nas águas jurisdicionais brasileiras.

Além da navegação comercial o Brasil, país de dimensões continentais, com um litoral de cerca de 4.000 (quatro mil) milhas náuticas de extensão, repleto de belas e acolhedoras praias e enseadas, com clima predominantemente tropical, é um território altamente propício à navegação de esporte e recreio, durante todo o ano. Isto fez com que a DHN sentisse, também, a necessidade de publicar mais um tipo de Carta Náutica, que atendesse a essa classe de navegantes, já que as Cartas Náuticas convencionais não continham características adequadas à Segurança da Navegação de esporte e recreio.

Já na década de '60 a DHN se preocupava com o tema. A partir de um artigo, intitulado "DEVELOPMENT OF THE U.S. COAST AND GEODETIC SURVEY - SMALL CRAFT CHARTS", assinado por JAMES F. RICHARDSON, Engenheiro Civil do U.S. Coast and Geodetic Survey, publicado no início dos anos '60, a DHN iniciou seus primeiros estudos sobre o assunto, concluindo que o momento, para a publicação de tais cartas, à época, não era oportuno, devido ao ainda pequeno número de navegantes de esporte e recreio existentes no país.

Na XI Conferência Hidrográfica Internacional, realizada em '77, os representantes do Brasil acompanharam, atentamente, a apresentação do Alte.

HASLAM, então Diretor do Serviço Hidrográfico do Reino Unido, da proposta referente a Cartas para Navegação de Esporte e Recreio. Destacava o Alte. HASLAM que a quantidade de navegantes desta classe já era, naquela ocasião, provavelmente maior do que qualquer outro utilizador de Cartas Náuticas, e que a tendência era aumentar, ainda mais, esse contingente. Ainda nesse período, foi solicitado a DHN, pelo Sr. A.J. KERR, então Regional Hydrographer do Canadian Hydrographic Service, exemplares de Cartas Náuticas de Esporte e Recreio publicadas pela DHN. Estas seriam utilizadas nos estudos que o CHS estava desenvolvendo, na ocasião, para a edição deste tipo de Carta Náutica. À época a DHN ainda não havia publicado nenhuma Carta Náutica para Esporte e Recreio, mas os estudos prosseguiram, notadamente a pesquisa junto aos clubes náuticos e empresas de turismo, para melhor aferir a conveniência da edição de tais cartas.

Com o decorrer do desenvolvimento do Brasil, ocorreu o natural incremento das atividades náuticas de lazer. O crescimento dos usuários estimulou a indústria náutica. Barcos a vela, lanchas a motor, periféricos, acessórios foram produzidos em escala comercial. Marinas, clubes náuticos, pontos de lazer e de serviços surgiram ao longo do litoral. Segundo dados existentes na Diretoria de Portos e Costas, o número atual de embarcações de recreio registradas no Brasil é da ordem de 30.000 (trinta mil), envolvendo cerca de mais de 100.000 (cem mil) usuários. Para um país em desenvolvimento é um número significativo e justifica a preocupação da DHN com respeito à Segurança da Navegação de Esporte e Recreio.

A partir dos anos '80, embasado no já grande número de usuários de esporte e recreio, a DHN se voltou, firmemente, para os estudos conclusivos visando uma breve futura edição de Cartas Náuticas, que bem atendessem a esta classe de navegantes.

Desde '88 a DHN vem promovendo, anualmente, o "SEMINÁRIO SOBRE SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO", evento em que comparecem representantes das diversas entidades nacionais ligadas às atividades de Navegação, com a finalidade de discutir as providências necessárias ao aprimoramento dos produtos e serviços da Diretoria, ligados à Segurança da Navegação.

Deste Seminário faz parte o "GRUPO DE TRABALHO DE ESPORTE E RECREIO", em que são apresentados e discutidos os temas específicos sobre o assunto. Fruto das propostas emanadas deste Grupo de Trabalho, a DHN criou as condições necessárias à edição das Cartas Náuticas para Esporte e Recreio do litoral brasileiro. A primeira e mais significativa providência tomada diz respeito à homologação, pela DHN, de tais cartas produzidas por outras instituições.

Esta iniciativa se mostrou de extrema importância para o surgimento das Cartas Náuticas para Esporte e Recreio do litoral brasileiro. De fato a DHN encontra-se comprometida com a edição e atualização de seu equipamento de Cartas Náuticas convencionais, destinadas à Segurança da Navegação comercial, atividade que consome a maior parte dos seus recursos. Também vê-se hoje empenhada no desenvolvimento de Cartas Náuticas Especiais e Bancos de Dados, elementos indispensáveis ao apoio das operações navais modernas, além do importante envolvimento com a Carta Eletrônica. Por tudo isto a DHN sentiu, tendo em conta o atual estágio de

desenvolvimento do país, onde figura já uma considerável quantidade de empresas privadas de cartografia, executando trabalhos de alta qualidade, que a possibilidade concreta de produção destas cartas estaria nestas empresas privadas.

Em função de proposta feita pelo Grupo de Trabalho de Esporte e Recreio no IIº Seminário sobre Segurança da Navegação e apoiado no programa de abertura econômica do governo brasileiro, foi estabelecido, em '90, por intermédio de Portaria Ministerial, que empresas públicas ou privadas nacionais, sob licença do Ministério da Marinha, podem editar e comercializar Cartas Náuticas para Esporte e Recreio, cabendo à DHN, mediante convênio, estabelecer as especificações, exercer o controle e fiscalização dos serviços e homologar o produto final.

Com efeito, em '91 uma empresa privada nacional, prestadora de serviços de cartografia, apresentou-se a DHN interessada em editar e comercializar Cartas Náuticas para Esporte e Recreio. Neste mesmo ano tal empresa firmou convênio com a DHN para a edição e comercialização das SPORTCART, marca registrada pela empresa para denominar suas Cartas Náuticas para Esporte e Recreio e, no início de '92 publicou um conjunto composto de 8 (oito) SPORTCART, abrangendo a área da Baía da Ilha Grande, litoral do Estado do Rio de Janeiro, Costa Sul do Brasil, um dos locais do país mais aprazíveis para a prática de atividades náuticas de lazer, conhecido como "Costa Verde".

PROJETO

As propostas apresentadas pelo Grupo de Trabalho de Esporte e Recreio do III Seminário Sobre Segurança da Navegação foram as seguintes:

- construção de cartas náuticas nas dimensões aproximadas de 40 cm x 60 cm, abrangendo, em princípio, o trecho de Búzios a São Sebastião (Costa Sul do Brasil), sendo apresentadas nas seguintes

formas: - uma ou duas cartas na escala aproximada de 1:300.000; e

- várias cartas de detalhes na escala aproximada de 1:40.000, dentro do trecho citado.

Baseado em tais propostas foi elaborado o projeto da SPORTCART, abrangendo a Baía da Ilha Grande, área

contida no trecho proposto pelo Grupo de Trabalho, constando das seguintes cartas:

- 1 (uma) carta geral, na escala de 1:350.000, abrangendo da Pta. de Guaratiba à Ilha de São Sebastião (já está também projetada uma outra SPORTCART, na mesma escala, cobrindo o trecho de Búzios à Pta. de Guaratiba);

- 1 (uma) carta de aproximação, na escala de 1:100.000, abrangendo toda área da Ilha Grande; e

- 6 (seis) cartas de detalhes, na escala de 1:50.000, cobrindo toda a Baía da Ilha Grande, desde a cidade de Mangaratiba até a cidade de Parati, englobando também a Ilha Grande.

Além destas SPORTCART foram também construídas 1 (uma) carta turística, na escala de 1:150.000 e 1 (uma) carta dos principais símbolos e abreviaturas adotados.

Todas as SPORTCART, independente da escala, inclusive a turística e a de símbolos e abreviaturas: têm as dimensões padrão de 40 cm x 60 cm.

ESPECIFICAÇÕES

Por se tratar de um assunto pioneiro no país, onde ainda não existiam especificações próprias para a construção de tais cartas, a DHN solicitou aos Serviços Hidrográficos dos países membros da OHI exemplares de Cartas Náuticas para Esporte e Recreio publicadas, de maneira a melhor desenvolver suas próprias especificações.

Baseado nas cartas solicitadas, gentilmente cedidas pelos Serviços Hidrográficos dos países contactados, e também nas propostas dos Grupos de Trabalho de Esporte Recreio e Pesca dos Seminários Sobre Segurança da Navegação, até então realizados, a DHN elaborou as especificações para construção das SPORTCART, fazendo-as constar do convênio firmado. Estas especificações, em resumo, são as seguintes:

- as SPORTCART devem ser construídas de acordo com o definido na publicação MP-004 - Especificações de Cartas da OHI;

- deverá ser desenvolvida simbologia suplementar àquela contida na Seção IU da carta INT 1, de forma a representar as feições de interesse exclusivo à navegação de esporte e recreio, assim como representar também os serviços próprios às embarcações de pequeno porte.

Tal como estipulado, as SPORTCART foram construídas segundo as Especificações de Cartas da OHI, e a simbologia suplementar, desenvolvida para representar as feições e serviços específicos à navegação de esporte e recreio, teve por base a constante da carta INT 1, publicada pelo Serviço Hidrográfico Alemão. Como resultado de proposta do Grupo de Trabalho de Esporte Recreio e Pesca, do IVº Seminário Sobre Segurança da Navegação, foram incluídas nas cartas os indicativos de chamada e as frequências das principais estações costeiras existentes na área. Foi também utilizado o Quadro de Recursos das Marinas da Carta INT 1, impresso no verso da carta geral (escala de 1:350.000).

Devido ao formato reduzido das cartas, várias informações, assim como notas de precaução e escalas de conversão, foram distribuídas ao longo das margens, de maneira a não sobrecarregar a área útil da carta.

Também foi utilizado o recurso de sombreamento do relevo terrestre, o que, além de representar com maior clareza a conformação da topografia local, torna a visualização da carta mais atraente.

Como forma de orientação ao navegante, quanto à simbologia adotada, principalmente àquela referente à navegação de esporte e recreio, foi construída uma carta

com os principais símbolos e abreviaturas utilizados, tendo sido incluídas também as cores e períodos de luzes e marcas de navegação. Esta carta tomou como base a carta reduzida de símbolos e abreviaturas do Serviço Hidrográfico Alemão.

Além das cartas náuticas e a de símbolos e abreviaturas, foi confeccionada uma carta turística, onde constam

informações de lazer e de serviços existentes na área, tais como hotéis, restaurantes, bares, locais para a prática de esportes náuticos, localização e data dos principais eventos esportivos e folclóricos da região e serviços de apoio ao turismo em geral. Para a construção desta carta turística foram obtidas, principalmente, informações junto à empresa de turismo do Estado.

HOMOLOGAÇÃO

No convênio celebrado entre a DHN e a empresa, foram estabelecidas as condições para a homologação das SPORTCART produzidas.

À empresa coube construir as SPORTCART, segundo as especificações definidas e encaminhar as provas em cores, acompanhadas dos respectivos relatórios de construção de cada SPORTCART, para serem avaliadas pela DHN.

Cada prova em cor recebida seguiu o trâmite normal de aprovação de cartas adotado pela DHN, isto é, percorreu todas as Divisões do Departamento de Serviços Oceânicos, de forma que cada uma destas fizesse o comentário apropriado, sendo em seguida devolvida para que fossem efetuadas as correções indicadas nos originais. Após a impressão, a empresa encaminhou 10 (dez) exemplares de cada

SPORTCART, para fazerem parte do acervo de cartas imprensa da DHN.

A homologação de cada SPORTCART, conforme estipulado no convênio, foi feita por meio de Aviso Permanente Especial, publicado no Folheto Quinzenal de Avisos aos Navegantes da DHN, ficando caracterizada como Carta Náutica para Esporte e Recreio podendo substituir as cartas náuticas convencionais da mesma área, junto a esta classe de navegantes. Consta também de cada SPORTCART uma nota informativa da homologação, incluindo o nº do aviso.

Ainda conforme estabelecido no convênio, as SPORTCART serão atualizadas por Avisos aos Navegantes, cabendo à empresa encaminhar a DHN as notas para correção de cada SPORTCART afetada, para serem publicadas no Folheto Quinzenal de Avisos aos Navegantes.

CONCLUSÃO

Durante o IV Seminário Sobre Segurança da Navegação foram apresentadas as provas em cores de duas das SPORTCART, ora publicadas. O Grupo de Trabalho de Esporte Recreio e Pesca considerou excelentes as cartas, construídas segundo as propostas do Grupo, inclusive tendo registrado que a DHN passava a atender a uma antiga reivindicação da classe.

De fato, a SPORTCART veio preencher a lacuna que havia, em termos de Cartas Náuticas editadas pela DHN. Hoje a Cartografia Náutica do Brasil, com a edição da SPORTCART, conta com todos os documentos cartográficos convencionais, adequados aos diferentes tipos de navegação praticadas em suas águas jurisdicionais.

A LÍNGUA PORTUGUESA E OS TRABALHOS CIENTÍFICOS

Paulo Cesar RODRIGUES Borges - Maj QEM Cart

"A pátria não é a raça, não é o meio; é o idioma, criado ou herdado pelo povo.

Um povo só começa a perder a sua independência, a sua dignidade, quando começa a perder o amor ao idioma natal. A morte duma nação começa sempre pelo apodrecimento de sua língua." (Olavo Bilac - citado por Barbosa Lima Sobrinho no livro: "A Língua Portuguesa e a Unidade do Brasil").

1. INTRODUÇÃO

A língua é uma instituição feita de hábitos, sancionados pela comunidade na forma de leis e normas, segundo diversos usos - literário, coloquial, cerimonioso, íntimo, infantil, regional¹. A Constituição de 1988, em seu Capítulo III (Da Nacionalidade), Art. 13, consagra a importância desta instituição, determinando o português como idioma oficial do Brasil.

O uso culto e literário, onde se enquadra um trabalho científico, tem, como todos os outros, suas constantes e sua tradição aprovada. As normas gramaticais só tratam desta linguagem culta (adquirida), uma vez que ela é o ponto de encontro de todas as outras variantes¹.

Defender a língua-padrão-comum do Brasil e de Portugal é obra de inteligência e de patriotismo, porque ela resulta dos

esforços ascensionais da comunidade. É necessário amor ao vernáculo, compreendido como um valor alto da nacionalidade e da nossa cultura ameaçada.

2. CONSIDERAÇÕES SOBRE O ESTADO ATUAL DA LÍNGUA PORTUGUESA NA COMUNIDADE CIENTÍFICA NACIONAL

No que tange à redação, é lamentável o nível de apresentação de trabalhos científicos em instituições de ensino superior que oferecem cursos de graduação, mestrado e doutorado.

O conteúdo dos trabalhos, com certeza, é de grande proveito. Lê-los (decifrá-los), porém, torna-se uma tarefa difícil e cansativa, pelo amontoado de palavras mal concatenadas em frases de sentido percebido apenas pelo grupo restrito que participou de perto de sua elaboração. Isso não é literatura científica, já que esta deve se identificar com a linguagem culta e adquirida.

É injustificável o argumento da exigüidade de tempo, utilizado pelos profissionais da área científico-tecnológica, com o intuito de disfarçar seu despreparo em Redação e Estilística.

Deve-se evitar a aberração totalitária da Gramática, denominada "gramatiquice", que não observa o método indutivo de aquisição de conhecimento da correta gramática, com a observação dos fatos da linguagem coloquial culta e dos fatos recolhidos nos textos dos bons autores modernos, sistematizando-os⁴.

Se a gramatiquice peca pelo excesso de rigor infundado, deve-se tomar cuidado com o efeito inverso, que é o desleixo, o descaso total pela correção, o desprezo da língua literária e a

Idéia de que se deve escrever como se pensa e se fala¹.

Na apresentação de trabalhos científico-tecnológicos, é claro que a ordem das palavras tende para uma certa fixidez.

Observa-se na língua hodierna uma tendência natural para o discurso em ordem direta, inversamente à linguagem clássica, onde a forte influência do latim literário fazia quase sempre predominar a ordem inversa. No entanto, mesmo hoje em dia, em muitos casos é de praxe a ordem indireta, como se vê nas orações de verbo intransitivo, nas de voz passiva e nas orações imperativas: "caiu o presidente": "foi vendida uma casa": "cumpra-se a decisão judicial".

Escrever bem não é escrever apenas com correção. É preciso desvendar o gênio da língua, que é o que nela existe de mais íntimo, de mais difícil penetração por um alienígena, facilmente sentido por um nacional¹.

Possuir o gênio da língua é ter o sentimento da linguagem e da vernaculidade. Aí está o verdadeiro método de domínio duma língua: não despertar a obsessão pelo erro e, ao mesmo tempo, não enveredar pelo caminho do desleixo e da vulgaridade.

2.1- O PERIGO DOS BARBARISMOS

Barbarismo é o emprego, na língua, de palavras estranhas na forma ou na idéia, ou inteiramente desnecessárias ou contrárias à sua índole. Há barbarismos léxicos (palavras) e sintáticos (frases)², mais graves que os primeiros.

As procedências são várias: galicismos (do francês),

castelhanismos (do espanhol), anglicismos (do Inglês), etc².

Os galicismos já concorreram muito para barbarizar o português. As causas dessa influência acham-se não só nas primitivas relações históricas de Portugal com a França, que lhe fortaleceu a dinastia fundadora de sua nacionalidade no século XII, como também na disseminação da literatura francesa².

A permuta de vocábulos é, até certo ponto, admissível entre as diversas línguas. Neste caso, indispensável se torna que o vocábulo exótico, ao entrar no português, se expunja de todos os stigmas, que lhe assinalam a ascendência e sofra a aclimação, vestindo-se dos característicos idiomáticos e adaptando-se à mesma forma daqueles com que vem concorrer².

Os galicismos sintáticos e léxicos já se ajustaram razoavelmente à feição portuguesa.

O grande perigo atual reside na invasão dos anglicismos em nosso idioma.

2.2- A INVASÃO DOS ANGLICISMOS

O perigo em pauta advém de duas causas fundamentais:

1) A degradação do ensino do Brasil como um todo e do português, em particular;

2) Mais do que qualquer outra língua no mundo, o anglo-americano vem introduzindo novos termos e expressões na literatura científica de forma descontrolada e sem sustentação vernácula, mercê da posição político-financeira extremamente vantajosa de seus falantes e pelo fato de possuir, no ramo de línguas indo-

européias, um caráter híbrido

O inglês atual possui um substrato básico de palavras procedentes da mesma família a que pertencem o alemão, o holandês, o flamengo, o frisão, o norueguês, o sueco, o dinamarquês e o islandês. Assimilou milhares de vocábulos de origem latina. Também incorporou impressionante sortimento de raízes gregas. Das mil primeiras páginas do "Concise Oxford Dictionary", extraíram-se os seguintes dados:

- 53,6% são palavras de origem latina;
- 31,1% são palavras de origem germânica;
- 10,8% são palavras de origem grega^a.

Assim, o inglês tem a chave de acesso a dez línguas vivas européias^a.

Isto não implica abdicar dos processos naturais e científicos de assimilação de novos termos estrangeiros. Não vai aí qualquer tipo de xenofobismo anacrônico e intolerante, mas é urgente perceber o que vem ocorrendo na literatura científica nacional, a fim de que expressões e termos mal assimilados não venham a receber a consagração do hábito na linguagem coloquial do meio científico do Brasil, afastando esse tipo de linguagem da ideal, culta e literária.

Não há por que se acanhar em empregar um termo vernáculo no lugar de uma importação anglo-americana, às vezes mal formada na própria origem. Pelo contrário, o português consegue harmonizar tradição e liberdade. Dentro das línguas neolatinas, é a que mais conservou o vocalismo do latim vulgar. Na morfologia e no sistema

flexional, mostra-se ainda a língua portuguesa muito conservadora e rica. As sintaxes de concordância, de regência e de colocação marcam-se pela riqueza, variedade e liberdade⁴.

Para se traduzir uma obra é necessário que o tradutor seja um experto no assunto em tela, tendo bagagem razoável de conhecimento lingüístico da língua da qual não é falante natural, evitando enorme desperdício de energia intelectual no ajustamento das diferenças idiomáticas e confusão por parte dos leitores.

Uma contribuição auspiciosa foi a do Cel R/1 Roberto Mis-cow Filho, do conselho editorial da RMCT, destacando barbarismos sintáticos, muito comuns em traduções mal feitas, p.ex.:

- consist of: o correto é traduzir esta expressão do inglês por consiste em, porque a regência do verbo consistir em português exige a preposição em e não de.

- to assume: o correto é traduzir o verbo inglês por supor e não por assumir.

Não é comum na literatura anglo-americana o uso do artigo definido no início de frase. No português, todavia, tal uso é tradicional; p.ex.: "Wrong warning may confuse all the drivers" tem versão adequada em: "O aviso errado pode confundir todos os motoristas".

A pobreza na flexão verbal do inglês induz ao uso excessivo de pronomes pessoais. No português, pela riqueza de sua flexão verbal, este uso pode ser moderado, já que o sujeito da oração fica bem claro.

Outro caso de tradução indevida é o do vocábulo sophistic-

ated, que tem sido traduzido do anglo-americano sob a forma de s sofisticado. Vale esclarecer que os bons dicionários trazem as seguintes acepções para o mesmo: falsificado, adulterado, tratado com sutileza; no Brasil: falsamente refinado, requintado ao extremo e aprimorado. É desta última variante que se deve extrair a tradução mais adequada, p.ex.: "...sophisticated circuit " como "circuito elaborado, complexo".

Em textos franceses, o uso indiscriminado de artigos indefinidos (um, uma) não deve ser transmitido às versões em língua portuguesa.

Outro barbarismo sintático ocorre quando o escritor técnico nacional esquece que seu idioma possui o flexões no modo subjuntivo verbal, o que não ocorre no inglês; p.ex.: "Supomos que todas as equações neste capítulo são sobre ...". No caso em pauta, o correspondente "are" do inglês foi traduzido incorretamente para "são" ao invés de "sejam".

Finalmente, o escritor técnico falante do português parece também esquecer-se de que seu idioma se caracteriza por diferenciar de forma sutil o emprego dos verbos ser e estar, o que não acontece com um falante do inglês, que só possui o verbo "to be" para os dois casos. A um nacional fica evidente a distinção entre as formas: "José está doente" e "José é doente", o que já não é tão fácil de distinguir para um estrangeiro. Uma tradução feita sem esmero pode deturpar este sentimento, tornando o teor do período ainda mais dúbio para um leitor mais atento.

3. IDENTIFICAÇÃO DE ALGUNS BARBARISMOS NAS ÁREAS DE INFORMÁTICA E DE CARTOGRAFIA AUTOMATIZADA

Dando um passo no sentido de aprimorar esse nível de apresentação de trabalhos na área da Informática e, em particular, na área das geociências (Geografia, Cartografia, Geodésia, Geofísica, etc.), foram reunidas algumas palavras e expressões que tendem a se arraigar no jargão científico de forma inadequada.

Foi dirigida uma carta ao ilustre filólogo e lingüista, Professor MELO⁴, para que apreciasse um limitado grupo de termos e vocábulos de uso corrente na área da Informática e da Cartografia Automatizada. O objetivo seguinte é enviar aos órgãos normativos (CABNT, IBGE, DSG, etc.) tais apreciações, esperando-se que os mesmos baixem normas, antes que sobre tais termos recaia a consagração, difícil de ser modificada.

A seguir, alguns dos termos e vocábulos mais "usados" na Cartografia Automatizada, cujos correlatos no vernáculo serão apresentados no item seguinte: "acessar", "acuracidade", "batch", "bit", "buffer", "byte", "chip" de silício, "deletar" e "deleção", "digitar" e "digitalização", "disquete", "display", "formatar", "drive", "hardware", "imagear", "imageador" e "imageamento", "mouse", "offset", "off-line", "on-line", "overlay", "plotter", "raster", "scanner", "Sensoriamento Remoto", "software", "time sharing", "winchester" ou "hard drive", dentre outros que o pouco espaço aqui disponível não seria suficiente para abranger.

4. ACLIMAÇÃO E UMA PROPOSTA DE SUBSTITUIÇÃO VERNÁCULA PARA OS

BARBARISMOS IDENTIFICADOS NAS ÁREAS DE INFORMÁTICA E DE CARTO-
GRAFIA AUTOMATIZADA

Neste item, alguns termos serão traduzidos por simples consulta a bons dicionários em versões mais adequadas, mas não muito correntes. Outros termos, por não terem tradução direta, serão discutidos.

Vale dizer que há bons manuais e dicionários, específicos da área de Informática, que contornam o problema de tradução direta de termos não muito polêmicos. Cada área do conhecimento tem sua nomenclatura particular para certos termos. Em primeiro lugar, os menos controversos:

- acessar: tanto o inglês quanto o português não registra este verbo, correspondente à expressão ter (dar, conseguir, etc.) acesso a, que deve ser usada na acepção em tela.

- batch: processamento em lote.

- bit: intraduzível, mas significa a unidade elementar de informação binária, termo bem extenso em relação ao preferido monossilábico inglês. Daí, para revesti-lo das características luso-brasileiras, grafá-lo como sugere MELO¹: bite, à semelhança de clipe (para "clip"), lêiser (para a sigla inglesa LASER), etc.

- buffer: significa uma área de memória para armazenamento temporário de dados, a fim de permitir a compensação entre a velocidade de transmissão desses dados da memória principal para os periféricos. O recurso aqui seria o de usar o termo memória intercorrente (LELLO UNIVERSAL registra: "Que sobrevém enquanto outra coisa dura."), pondo "buffer" entre parênteses até que hou-

vesse a consagração do nacional.

- byte: já é muito corrente o uso do correlato palavra (palavra de 8, 16, 32... bites, p.ex.).

- chip de silício: pastilha de silício.

- deletar e deleção: são barbarismos sem a mínima sustentação vernácula, já que o verbo inglês "to delete" teria como tradução direta o defectivo português delir (apagar). Os verbos eliminar, remover e os respectivos substantivos, eliminação e remoção, já estão bem consagrados na literatura científica culta.

- disquete: não há razão para aportuguesar o vocábulo inglês "diskette", inexistente em bons dicionários. Já é bem consagrado o uso de disco flexível ou disco.

- display: a literatura científica culta registra unidade de exibição visual, visor e monitor de vídeo.

- formatar: é outro aportuguesamento de impropriedades léxicas da literatura técnica anglo-americana desleixada. Para a ação de arranjar os dados num meio magnético qualquer, fica mais adequado o verbo formar e para "formatação", formato ou formação.

- drive: acionador de disco.

- hardware: termo de difícil substituição, mas, às vezes, cabe equipamento.

- mouse: ratinho é uma tradução muito vulgar. A boa literatura científica registra cursor, termo mais erudito.

- offset: MELO¹ sugere não substituir tal termo, já bastante consagrado para o processo litográfico de impressão, mas para outros significados como deslocamento, compensação, equiva-

lência, compensar e equiparar a substituição deve ser feita.

- off-line: expressão que deve ser substituída pelos adjetivos desconectado, desligado, ou pela expressão fora do ar.

- on-line: igualmente, pelos adjetivos conectado, ligado, ou pela expressão no ar.

- overlay: MELO¹ sugere uma tradução cautelosa, todavia, quando couber, usar recobrimento ou superposição.

- plotter: a conotação de traçador-gráfico (versão adequada), na qual é correntemente empregado o termo, exigiria do original inglês a forma "plotting table" ou "plotting device", porque "plotter" é a denominação de engenheiro cartógrafo ou agrimensor. De igual forma, é inadequado o aportuguesamento "plotar" para o verbo inglês "to plot" (marcar, delinear).

- scanner: varredor, dispositivo de varredura.

- software: termo de difícil tradução, mas em muitos casos cabe programa(s).

- time sharing: processamento por tempo compartilhado.

- winchester ou hard drive: disco-rígido.

Os termos abaixo merecem comentários, pelas controvérsias que provocam:

- acuracidade: é um barbarismo inaceitável, oriundo do inglês "accuracy", mas tem parente vernáculo em acurar (latim "accurare")¹, que significa tratar com cuidado. Há quem substitua "acuracidade" por acuidade, mas este termo está mais ligado à Ótica que à Cartografia. A forma acurado também tem justificativa de existência pelo latim (accuratus), daí, acuradamente, signifi-

cando cuidadosamente, com exatidão¹. Seguindo uma linha vernácula de raciocínio, MELO¹ sugere para substituir o barbarismo em pauta o neologismo fundamentado acuro, assim como para amparar tem amparo; adornar, adorno; pousar, pouso; recear, receio, etc.

Na Cartografia há distinção entre um resultado preciso e um acurado. O preciso caracteriza-se pela baixa dispersão dos resultados amostrais em torno de um resultado que não é o aceito como padrão. No acurado, tais resultados agrupam-se em torno de um valor aceito como padrão, com pequena dispersão. Por conseguinte, acuro não é o mesmo que precisão. O vocábulo exatidão pode cobrir a acepção de acuro com maior aceitação, porque, pelo menos, mantém o gênero do barbarismo aqui condenado.

- digitar: outro barbarismo oriundo duma impropriedade de formação de palavras do próprio uso científico-tecnológico do inglês ("digitize", "digitizing"). Os bons dicionários ingleses registram "digit" (s. dígito), "digital" (adj. digital), "digitally" (adv. digitalmente), "digitate" (adj. digitado), "digitately" (adj. digitadamente) e "digitation" (s. digitação). Da mesma forma que a vernaculidade ampara total e totalizar; formal e formalizar, fica igualmente amparada a analogia para diqital e diqitalizar. Contudo, daí pode surgir controvérsia.

No jargão da Informática, "digitar" em teclado de computador veio a substituir datilografar em máquina-de-escrever e "digitador" vem substituindo datilógrafo. Tal impasse fica dirimido a partir de agora, substituindo-se "digitar" e "digitador" por digitalizar e digitalizador (cf. total, totalizar e totalizador). O

outro impasse vai surgir no âmbito da Cartografia Automatizada, onde "digitalização" é um processo de captar uma imagem no mundo real e armazená-la num meio magnético de memória, para manipulações digitais posteriores. Para distinguir a ação dos dedos sobre um teclado de computador (digitalizar) da ação de um operador, com um cursor, sobre uma mesa-digitalizadora, deve-se acrescentar um complemento não-preposicionado após o verbo digitalizar (digitalizar uma imagem, imagens, etc.). Por analogia com os pares totalizar-totalização e formalizar-formalização, consegue-se digitalizar-digitalização, onde se propõe ao vocábulo digitalização um adjunto adnominal do tipo de imagem(s), para diferenciá-lo do sentido atribuído ao vocábulo digitalização. Basta apenas mudar um pouco hábitos já firmados e banir o verbo "digitar", que não tem apoio vernáculo.

- imagear, imageamento e imageador: segundo MELO¹, constituem "barbarismos tenebrosos". Sem qualquer fundamentação morfológica, tais termos devem ser banidos da literatura científica culta, cabendo à comunidade geocientífica a responsabilidade em fazê-lo. Devem ser substituídos por processar imagens, processamento de imagens e processador de imagens, respectivamente, sem discussão.

- raster: deste termo sobrevêm barbarismos inaceitáveis ("rasterizar", "rasterização", processo "ráster"). O correto é empregar o termo digitalização matricial de imagens ou de objetos cartográficos.

- Sensoriamento Remoto: qualificado como um termo "esdrúxulo" por MELO¹, não possui repercussão vernácula. O pior é que o

termo deu nome a uma ciência emergente, havendo ainda tempo de corrigir o equívoco. O estudo de todas as etapas necessárias à captação da imagem pelo sensor remoto (em satélite, p.ex.) até sua formação numa estação receptora terrestre, constitui o Processamento Remoto de Imagens (PRI). Um pequeno esforço de pesquisa teria evitado o emprego do barbarismo que vem se impondo pelo uso. O PRI vem parcialmente definido pelo termo erudito Iconografia (do grego "eicôn", imagem e "graphein", escrita, descrição), encontrado em qualquer bom dicionário [AURÉLIO, registra: "1. Arte de representar por meio de imagem. 2. Conhecimento e descrição de imagens (gravuras, fotografias, etc.)"]. Para completar a definição, substituindo o barbarismo "Sensoriamento" Remoto, deve-se adotar Iconografia Remota.

5. CONCLUSÃO

É necessário que o escritor duma monografia pense antes no que vai pôr no papel, que recolha elementos bem abonados, que planeje, ordene e selecione o material segundo as proporções do seu plano inicial, insistindo sempre na naturalidade, na espontaneidade e na verdade da expressão¹.

A fim de manter um alto nível na apresentação de trabalhos científicos, faz-se mister que outros cientistas, pesquisadores e engenheiros, ressentindo-se da baixa qualidade literária que campeia nos meios universitários, contribuam com trabalhos deste gênero, dentro de cada área do conhecimento.

Infelizmente, como a conscientização da comunidade cientí-

fica não tem se manifestado no sentido de melhor cultivar o português oficial na apresentação oral e escrita de trabalhos, é imperativo o uso de meios normativos para evitar uma dispersão acentuada do falar científico em relação ao falar literário culto.

Não é possível deixar como está, porque o vácuo está sendo ocupado pelos semi-letrados, que já começam a pretender que sua ignorância seja padrão⁴.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1) MELO, G.C. Iniciação à Filologia e à Linguística Portuguesa. Ao Livro Técnico S.A. Rio de Janeiro, RJ, 1981.

2) CUNHA, C.F. Gramática da Língua Portuguesa. FENAME, MEC. Rio de Janeiro, RJ, 1972.

3) BODMER, F. O Homem e as Línguas. Ed. Globo. Rio de Janeiro, RJ. 1960.



Maj Paulo César Rodrigues Borges

Concluiu os cursos de Intendência da AMAN em 1979 e de graduação em Engenharia Cartográfica do IME em 1987. Concluiu o curso de Mestrado em Sistemas e Computação do IME em 1993. Foi responsável técnico pela demarcação das áreas indígenas do Alto Rio Negro por translocação, através da rede TRANSIT de satélites artificiais. Atualmente está classificado no Centro de Cartografia Automatizada do Exército (Brasília - DF).

INSTRUÇÕES AOS AUTORES
REVISTA BRASILEIRA DE CARTOGRAFIA
Nome(s) do(s) Autor(es)
Instituição (se for o caso)
Endereço para correspondência

RESUMO

O propósito das presentes instruções é orientar os autores de trabalhos a serem publicados na Revista Brasileira de Cartografia (RBC). Observe que o formato destas instruções pode ser tomado como modelo para a datilografia do artigo.

ABSTRACT

The purpose of these instructions is to assist the papéis auctor's in preparing camera-ready copy for publication in the Revista Brasileira de Cartografia (RBC). Please notice that the present instructions may be used as a model for your manuscript.

1. INSTRUÇÕES GERAIS

Serão aceitos para publicação na Revista Brasileira de Cartografia (RBC) artigos originais de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e áreas correlatas, não publicados anteriormente. Contudo, poderão ser republicados artigos de reconhecido valor científico.

Os artigos deverão ser escritos preferencialmente em português ou inglês, aceitando-se também artigos em espanhol ou francês. Em qualquer caso deverá ser anexado um resumo em inglês e um resumo em português. As legendas das tabelas e figuras também deverão ser apresentadas em português ou inglês.

Os manuscritos a serem submetidos para publicação deverão ser enviados à SBC, em três vias completas, aos cuidados do Editor-Chefe da RBC.

Os artigos deverão ser preparados de modo a conter, na primeira folha, o nome do artigo, nome completo do(s) autor(es), instituição(es) em que trabalha(m) e endereço postal da(s) mesma(s). A seguir virá o resumo em português e em inglês e o texto principal do artigo.

As folhas em que o artigo é apresentado deverão ser de formato A4.

Para a publicação da Revista Brasileira de Cartografia será utilizado o processo de reprodução fotográfica dos originais dos artigos, tal como apresentados por seus autores.

Assim, é necessário que o arti

go esteja datilografado em máquina de escrever elétrica ou listado em impressora laser ou jato de tinta, como o texto alinhado em duas colunas e espaçamento simples entre as linhas; serão aceitas, também, listagens produzidas em impressoras matriciais, desde que sejam usadas qualidade carta e uma fita de impressão nova.

Se for necessário numerar as páginas do artigo, faça-o no canto inferior direito da página, usando um lápis macio. As páginas serão posteriormente renumeradas, com o propósito de compor a RBC.

2. DATILOGRAFIA DOS ORIGINAIS

Estas instruções foram datilografadas de acordo com as normas aqui descritas. Portanto, a menos da diversidade de tipos datilográficos, os trabalhos terão o aspecto apresentado pelas presentes Instruções.

O texto deverá estar ajustado em uma área de, aproximadamente, 24,5 cm x 17,0 cm (altura x largura), com as colunas separadas entre si cerca de 1,0 cm, 2,5 cm dos limites superior e inferior da folha de papel e 2,0 cm dos limites direito e esquerdo da folha de papel (ver esquema em anexo).

É desejável que os originais sejam datilografados em máquina elétrica, com tipo "Letter Gothic" e em espa

ço simples. Entre dois parágrafos consecutivos, deve-se deixar 1,5 espaços. Exceções, como exemplo, os títulos, serão tratados mais adiante.

Palavras do texto poderão ser evidenciadas ou destacadas por meio de um grifo que as sublinhe, ou então, se houver possibilidade, trocando o tipo de máquina.

É necessário o uso de fitas pretas, novas e de boa qualidade, para garantir um bom contraste nos originais e, conseqüentemente, uma boa reprodução fotográfica. Também, por esta razão, os tipos de verão ser, cuidadosamente, limpos.

3. PRIMEIRA PÁGINA

O título do artigo deve ser escrito em caracteres maiúsculos. O(s) nome(s) do(s) autor(es) deve(m) ser datilografado(s) em caracteres maiúsculos e minúsculos, 3 (três) espaços abaixo do título do artigo. A instituição a que pertence um autor, inclusive o endereço postal, deve aparecer abaixo de seu nome e acima do nome do próximo autor, separados por 1,5 espaços.

O resumo, bem como sua tradução, deve ser datilografado em uma só coluna. A palavra RESUMO deve ser centralizada nesta coluna, 3 espaços abaixo do nome e endereço da instituição a que pertence(m) o(s) autor(es), e 2 espaços acima do texto.

4. TABELAS, FIGURAS, FÓRMULAS, ETC

Tabelas, fórmulas e símbolos matemáticos devem ser, cuidadosamente, datilografados. Suas posições devem respeitar espaçamento superior e inferior adequados.

A numeração das expressões matemáticas deve ser feita com algarismos entre parênteses, na extrema direita da coluna. Exemplo:

- 1/2

$$k = _ . _ j + \underline{L}f \quad (1)$$

Se a máquina utilizada não possuir determinados símbolos ou letras gregas, estes poderão ser escritos à mão, desde que uma maneira legível e com tinta preta. Não se deve usar lápis ou tinta de outras cores, porque não impressionarão as chapas fotográficas.

Índices e expoentes devem ser claramente reconhecíveis como tais. Para isso os tipos utilizados devem ser, cuida-

dosamente, escolhidos para evitar ambigüidades.

As figuras devem ser numeradas e ter legendas datilografadas logo abaixo delas, centralizadas. A legenda deve ficar mais próxima da figura que do texto abaixo. Exemplo:

Fig. 1 - Imagem TM-4/LANDSAT referente ao período de cheia

Os títulos das tabelas devem aparecer centralizados acima delas e seguir o formato abaixo:

TABELA 1 ÁREAS ESTIMADAS NAS IMAGENS TM E MAPA

As figuras e tabelas devem aparecer inseridas no texto em local apropriado, se possível logo após sua primeira citação ou uso.

A numeração das figuras e tabelas, como a das equações, devem ser feita em ordem e seguir seqüência única do começo ao fim do trabalho (e não por seções).

5. ILUSTRAÇÕES

Desenhos, gráficos, diagramas, etc., devem ser desenhados, separadamente, em papel de boa qualidade e colados nas folhas dentro dos limites fixados.

Se algum mapa, figura ou tabela, pela sua largura excepcional, não puder ser acomodado em uma coluna do texto, admite-se que cubra as duas colunas; neste caso deve ficar no topo ou no fim de uma página, nunca no meio, para não quebrar a seqüência normal do texto.

As ilustrações devem, por razões de estética, espalhar-se ao longo do texto, evitando-se o seu acúmulo no final.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

As referências bibliográficas devem ser listadas, em ordem alfabética, de acordo com os sobrenomes dos autores.

Cada artigo da lista deve ser apresentado na seguinte ordem: autores separados entre si por ";", dois espaços, título do artigo, nome da revista (grafado); número do volume (grifado),

número do fascículo entre parênteses, dois pontos, número das páginas, vírgula, ano.

Exemplo:

CHEN, S.C; FONSECA, L.B Corn Yield
Model for Ribeirão Preto, São Paulo
State, Brasil. Agricultural
Meteorology, 22(4): 341-349, 1980.

A partir da segunda linha de ca
da referência listada o texto deve iniciar
-se no 4º espaço (ver exemplo acima).

No texto do artigo, cita-se uma
referência, indicando-se o sobrenome do au
tor e o ano da publicação da obra. Depen -
dendo do sentido, deve-se colocar entre pa
rênteses apenas uma, ou ambas as informa -
ções. Exemplo:

Reis (1935)disse que...Resultados recentes
(Reis, 1980) provam que...

7. ÚLTIMAS INFORMAÇÕES

A responsabilidade de um artigo
é exclusivamente do autor. Se for o caso ,
deverá tomar as providências necessárias,
no sentido de obter permissão para a publi
cação ou uso de qualquer material, eventu
almente protegido por direitos autorais.

Para maiores informações, contactar a Se
cretaria da SBC:
Tel: 021 - 2406901
Fax: 021 - 2622823

ESQUEMA (FOLHA A-4)

