

UTILIZAÇÃO DO GPS NO CONTROLE DE QUALIDADE DE CARTAS

Mauricio Galo
Paulo de Oliveira Camargo

UNESP - FCT - Faculdade de Ciências e Tecnologia
Caixa Postal 957
19060-900 - Presidente Prudente - SP - Brasil
e_mail: ueppr@brfapesp.bitnet

Resumo Uma das etapas finais do processo de produção de cartas, consiste no controle de qualidade. Este procedimento apesar de ser obrigatório por lei é poucas vezes realizado. Além disso não existe uma cobrança efetiva deste controle por parte dos usuários/contratantes. Pode-se supor que o custo e o tempo necessários para a realização do controle de qualidade em cartografia sejam fatores que impeçam a sua execução. Em função disto propõe-se a utilização do GPS (Global Positioning System) no Controle da Exatidão Cartográfica e apresenta-se as etapas necessárias à análise da Exatidão Cartográfica, desde a coleta dos dados até a classificação do produto, com a aplicação deste procedimento para a análise planimétrica de uma carta na escala 1:50.000.

Abstract The quality control is the last step in map production. This procedure, although mandatory by law is seldom applied. Beside this, the users and/or contractors do not use to demand this control. One can suppose that time and expenses are reasons that can obstruct it. In this paper we suggest the use of GPS (Global Positioning System) in map accuracy tests and we show the necessary steps to apply map accuracy tests, from data acquisition until the product classification, with practical application in the planimetric accuracy test in one map at 1:50.000 scale.

INTRODUÇÃO

O controle da qualidade de um produto cartográfico é uma fase extremamente importante e é poucas vezes realizado no Brasil. Uma parcela de culpa pode ser atribuída ao próprio produtor do mapa, outra aos usuários e contratantes destes produtos e a última ao processo de fiscalização.

Na medida em que a tecnologia utilizada nos procedimentos de mapeamento se desenvolve com espantosa velocidade, um número maior de usuários não especialistas em mapeamento também aumenta, e justamente em função de um certo despreparo é que a questão da qualidade geométrica é muitas vezes esquecida, ou simplesmente considera-se que o produto utilizado é "geometricamente adequado". É lógico que cada aplicação tem sua tolerância e na medida que a tolerância aumenta esta preocupação pode se tornar desprezível, mas mesmo assim é importante conhecer a qualidade do produto utilizado.

Esta preocupação acentua-se com a proliferação de Sistemas de Informações Geográficas, pois muitas vezes se tem disponível um excelente sistema é no entanto a qualidade

geométrica das informações inseridas no mesmo é desconhecida.

Neste sentido este trabalho tem o objetivo de apresentar as fases do procedimento de controle de qualidade, desde a coleta de dados a partir da utilização do GPS, até a classificação do produto, de acordo com o decreto 89817, constante nas "Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional", de 1984.

A proposta de utilização do GPS se deve principalmente aos seguintes fatores: precisão oferecida e no tempo dispendido no planejamento, na coleta de dados em campo e processamento.

A ANÁLISE DA EXATIDÃO CARTOGRÁFICA

O procedimento de análise da exatidão cartográfica se baseia na análise das discrepâncias entre as coordenadas de pontos da carta e as coordenadas dos pontos homólogos obtidas a partir de observações realizadas em campo, consideradas como coordenadas de referência. De posse destas discrepâncias, diversos procedimentos podem ser utilizados para a análise da exatidão (Nunes et al., 1987). Neste trabalho procurou-se seguir alguns procedimentos sugeridos

por Merchant (1982).

Uma questão importante é quanto ao número de pontos necessários para uma análise segura, pois não se deve ter um número de pontos na qual não se pode afirmar que a análise é segura ou ter um número excessivo de pontos onde se tem uma análise segura e um custo inviável para esta tarefa. Merchant (1982) sugere vinte como sendo o número mínimo de pontos, bem distribuídos por todos os quadrantes da carta. Vale ressaltar que esta questão, embora importante, não foi explorada neste trabalho, e sim o procedimento em si.

MEDIÇÃO DE PONTOS DE REFERÊNCIA NO TERRENO E NA CARTA

Antes da medição propriamente dita, deve ser feito um planejamento no sentido de definir uma prévia disposição dos pontos a serem utilizados na análise da exatidão. Após esta fase deve ser feito um reconhecimento para verificar se não existem obstáculos que prejudiquem o rastreamento. Na impossibilidade de poder ocupar o ponto pré-definido deve-se procurar um ponto próximo, na qual a antena possa ser colocada e na qual se tenha intervisibilidade ao ponto de interesse.

Precisão dos pontos de referência

Para que a classificação da carta seja feita com segurança, além do número e da distribuição dos pontos, deve-se conhecer a confiabilidade necessária na determinação dos pontos de referência. Esta confiabilidade depende da escala e da classe esperada para a carta. Segundo Merchant (1982) os pontos de referência a serem utilizados podem ser determinados por procedimentos na qual o erro não seja superior a 1/3 do erro padrão esperado para a classe da carta. A tabela I mostra o Padrão de Exatidão Cartográfica planimétrico (PEC) e o Erro Padrão (EP), para cada uma das classes, conforme decreto 89817.

Os valores da tabela I são expressos em milímetros na escala da carta e a tabela II mostra o PEC e o EP altimétrico.

Em função dos valores mostrados na tabelas I e II pode-se calcular qual deve ser o erro tolerável para os pontos a serem utilizados como referência para o controle. A tabela III mostra as tolerâncias planimétricas (Tplan) em metros e altimétricas (Talt), como fração da equidistância, para algumas escalas, considerando a

relação 1/3 do Erro Padrão.

Tabela I - Padrão de Exatidão Planimétrico e Erro Padrão, para as classes A, B e C.

Classe	PEC (mm)	EP (mm)
A	0,5	0,3
B	0,8	0,5
C	1,0	0,6

Tabela II - Padrão de Exatidão Altimétrico e Erros Padrão (como fração da equidistância).

Classe	PEC	EP
A	1/2 eq	1/3 eq
B	3/5 eq	2/5 eq
C	3/4 eq	1/2 eq

Tabela III - Tolerância planimétrica e altimétrica, para o controle de qualidade de um produto classe A, para algumas escalas.

Escala	Tplan. (m)	Talt.
1/ 50000	5	1/9 eq
1/100000	10	2/15 eq
1/250000	25	1/6 eq

Medição dos pontos no terreno

Na medição dos pontos de referência devem ser utilizados procedimentos que garantam a tolerância exigida. Como pode ser visto nos valores mostrados na tabela III, o GPS pode perfeitamente ser utilizado.

Considerando, no caso específico deste trabalho, que a escala da carta a ser classificada seja 1/50000, a tolerância planimétrica é de cinco metros.

Os valores fornecidos no decreto citado se referem a valores resultantes, mas considerando que os testes são realizados sobre as componentes, a tolerância de $5/\sqrt{2}$ será considerada. Uma vez definida a tolerância passou-se para o rastreamento e optou-se por fazer o posicionamento estático, durante o tempo de 1 hora, de modo a garantir a qualidade. Utilizou-se um par de rastreadores, marca TRIMBLE 4000SL de uma portadora e o ponto de partida para o posicionamento relativo foi um ponto da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo.

Como em alguns pontos de interesse não foi possível a colocação

da antena (em função de obstáculos, ou de tráfego) fez-se o rastreamento num ponto próximo, determinando-se com uma declinatória montada sobre um teodolito, o azimute magnético da direção e com uma trena a distância horizontal, possibilitando o posterior transporte de coordenadas.

Pode-se questionar que este procedimento deteriora a precisão do ponto de referência, calculado a partir do transporte de coordenadas do ponto rastreado. Na verdade isto acontece, mas deve-se ter em mente qual a influência de um erro de azimute e distância na posição final deste ponto. Admitindo um erro de azimute de 2 graus, numa distância de 26 metros (máxima distância medida), a influência máxima numa coordenada é da ordem de 1m. Aplicando a propagação de covariâncias e considerando-se que a tolerância seja aproximadamente 3,5m (neste caso específico) pode-se admitir este procedimento como aceitável.

Para o controle de cartas em escalas maiores, esta influência pode se tornar impraticável. Dentre algumas das alternativas, pode-se considerar o uso de outras técnicas de posicionamento com o GPS (técnicas que requeiram menor tempo de rastreamento) ou procurar outros pontos para o controle.

Ao término deste procedimento tem-se as coordenadas geodésicas dos pontos de referência, no WGS-84 (World Geodetic System - 84).

Medição dos pontos na carta

Diversos são os procedimentos que podem ser utilizados na determinação da posição dos pontos na carta. No caso de produtos analógicos pode-se utilizar simplesmente uma régua graduada, um coordenatógrafo, etc. No caso de produtos armazenados em meio digital, o meio pode ser outro, e dependerá do hardware e do software utilizados.

Para que se tenha uma análise confiável, o uso de um equipamento mais preciso é recomendado e em função disto utilizou-se um Coordenatógrafo de Precisão (CARL ZEISS JENA), do Laboratório de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto da FCT - UNESP.

Para cada ponto de interesse e para os quatro pontos extremos da quadrícula na qual o ponto pertence, foram feitas 3 medidas. As posições, bem como o número dos pontos foram armazenados em disco, possibilitando a posterior transformação das coordenadas do sistema de máquina (Sistema do Coordenatógrafo) para o sistema de projeção (UTM) da carta.

TRANSFORMAÇÃO DE COORDENADAS E DE DATUM

Antes da análise das discrepâncias entre as coordenadas retiradas da carta e as correspondentes medidas em campo, são necessárias transformações de coordenadas e de DATA, uma vez que a comparação deve ser feita no mesmo referencial.

As coordenadas obtidas da carta estão em um determinado sistema de projeção. Na carta utilizada neste trabalho, o sistema utilizado é o UTM, sendo utilizado como DATUM horizontal, Córrego Alegre, e como DATUM vertical, o nível médio dos mares definido pelo marégrafo de IMBITUBA. Já as coordenadas obtidas com o GPS são as coordenadas geodésicas referidas ao WGS-84.

Em função de se ter mais de um datum envolvido, algumas transformações, que serão abordadas na sequência, são necessárias.

Transformação das coordenadas de Máquina para UTM

As coordenadas obtidas com o auxílio do Coordenatógrafo de Precisão são referidas a um sistema plano retangular. Admitindo que o material da carta sofre trabalho e que pode haver não ortogonalidade entre os eixos do sistema de máquina, pode-se utilizar a transformação afim plana, na qual se determina os parâmetros de transformação do sistema de máquina (x,y) para o sistema UTM (E,N), parametrizando (de modo implícito) estes "eventuais" problemas.

Este modelo pode ser expresso por:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}_i = \begin{bmatrix} a & b \\ d & e \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E \\ N \end{bmatrix}_i + \begin{bmatrix} c \\ f \end{bmatrix} \quad (1)$$

onde: - a, ..., f são parâmetros da transformação afim.
- (E,N) coordenadas UTM de um ponto genérico i.
- (x,y) coordenadas de máquina do ponto i.

Para maior confiabilidade são medidas as coordenadas de máquina dos pontos de interesse e dos quatro pontos extremos da quadrícula na qual o ponto se localiza. Com as coordenadas de máquina destes quatro pontos e com as coordenadas UTM destes mesmos pontos, pode-se escrever um sistema de equações superabundante e determinar os parâmetros (a,b,...,f) da transformação (1) através do Método dos Mínimos

Quadrados (MMQ), que pode ser visto de modo detalhado em (Gemael, 1984).

Com estes parâmetros conhecidos e com a transformação inversa a (1) pode-se determinar as coordenadas UTM de um ponto genérico i, por:

$$\begin{bmatrix} E \\ N \end{bmatrix}_i = \frac{1}{ad-bc} \begin{bmatrix} d & -b \\ -c & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_i - c \\ y_i - f \end{bmatrix} \quad (2)$$

Ao término deste procedimento tem-se as coordenadas UTM dos pontos, no DATUM da carta.

Transformação do datum WGS-84 para o datum da carta

As coordenadas resultantes do GPS, são as coordenadas geodésicas no datum WGS-84. Para se ter as coordenadas no datum da carta deve-se fazer a seguinte transformação:

$$\begin{bmatrix} \varphi \\ \lambda \\ h \end{bmatrix}_{\text{WGS-84}} \rightarrow \begin{bmatrix} \varphi \\ \lambda \\ h \end{bmatrix}_{\text{C. Alegre}} \quad (3)$$

Esta transformação pode ser feita diretamente sobre as coordenadas geodésicas, podendo-se utilizar, por exemplo, as Equações de Molodenskii, ou sobre as coordenadas geodésicas cartesianas (X,Y,Z). Qualquer que seja o procedimento é necessário que se conheça os parâmetros de transformação entre os diversos sistemas, parâmetros este publicados pelo IBGE (IBGE, 1983; Fortes et al., 1989).

Em (Fortes et al., 1989) são publicados parâmetros que permitem a transformação entre alguns data, dentre eles os parâmetros que permitem a transformação do Datum WGS-84 para SAD-69. Em (IBGE, 1983) são publicados os parâmetros que permitem a transformação SAD-69 para Corrego Alegre.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{SAD-69}} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{WGS-84}} + \begin{bmatrix} 66,87 \\ -4,37 \\ 38,52 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{C. Alegre}} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{\text{SAD-69}} + \begin{bmatrix} 138,70 \\ -164,40 \\ -34,40 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Portanto com os parâmetros apresentados nas equações (4) e (5) pode-se fazer a transformação desejada.

Como pode ser observado, para se realizar a transformação de datum sobre as coordenadas geodésicas cartesianas, é necessária uma prévia transformação, de coordenadas geodésicas para coordenadas geodésicas cartesianas, e após aplicação das translações expressas pelas equações (4) e (5) deve-se realizar a transformação inversa (coordenadas geodésicas cartesianas em geodésicas).

Deve-se observar que o elipsóide de revolução adotado em cada um dos sistemas descritos são diferentes, devendo-se utilizar em cada passo, os parâmetros relativos aos sistemas envolvidos. Estes parâmetros podem ser obtidos em Fortes et al. (1989) e IBGE (1983).

Transformação de coordenadas geodésicas em UTM

Uma vez que se tenha as coordenadas geodésicas deve-se transformá-las em coordenadas UTM, para que sejam calculadas as discrepâncias. Esta transformação pode ser feita utilizando-se, por exemplo, as fórmulas apresentadas por Blachut et al. (1979), que permite a transformação das coordenadas geodésicas, em coordenadas no sistema Transverso de Mercator (TM) e posteriormente para o sistema Universal Transverso de Mercator (UTM).

As expressões que permitem estas transformações são:

Conversão $(\varphi, \lambda) \rightarrow (X, Y)_{TM}$

$$X = B + a_2 l^2 + a_4 l^4 + a_6 l^6 \dots$$

$$Y = a_1 l + a_3 l^3 + a_5 l^5 \dots \quad (6)$$

$$\text{com: } l = \lambda - \lambda_0$$

$$a_1 = F(\varphi, a, f)$$

$$B = F(\varphi, a, f)$$

Conversão $(X, Y)_{TM} \rightarrow (N, E)$

$$N = 0,9996 X \quad (p/\varphi > 0) \quad (7)$$

$$N = 10000000 + 0,9996 X \quad (\varphi < 0)$$

$$E = 500000 + 0,9996 Y$$

Os coeficientes ai's são calculados em função da latitude e de alguns parâmetros do elipsóide de revolução adotado e o termo B corresponde ao comprimento de arco de meridiano que vai do ponto considerado ao equador. As equações que permitem calcular os coeficientes ai's e o valor

de B podem ser obtidos em (Blachut et al., 1979).

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Diversos são os critérios que podem ser utilizados na análise da exatidão cartográfica. Neste trabalho são analisadas a existência de tendências e a precisão do produto.

É importante aqui diferenciar exatidão (acurácia) de precisão. A precisão está ligada à dispersão das observações em torno do valor médio, enquanto que a exatidão está relacionada com a proximidade ao valor real, ou seja, sem a influência de erros sistemáticos.

Portanto, na análise da qualidade dos produtos cartográficos, estes dois aspectos devem ser considerados.

No próximo tópico serão descritos os procedimentos para a análise de tendência e precisão. Nas fórmulas apresentadas a variável X pode representar qualquer uma das coordenadas, sejam elas planimétricas, ou altimétricas.

Análise de tendências

A análise da exatidão da carta é baseada na análise estatística das discrepâncias entre as coordenadas observadas na carta e as coordenadas de referência, calculada para cada ponto i por:

$$\Delta X_i = X_i - X^r_i \quad (8)$$

A média, bem como o desvio-padrão das discrepâncias amostrais, devem ser calculadas por:

$$\bar{\Delta X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta X_i \quad (9)$$

$$S_{\Delta X}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta X_i - \bar{\Delta X})^2 \quad (10)$$

No teste de tendência podem ser avaliadas as seguintes hipóteses:

$$H_0: \bar{\Delta X} = 0, \text{ contra}$$

$$H_1: \bar{\Delta X} \neq 0$$

Para este teste deve-se calcular a estatística amostral "t", e verificar

se o valor de t amostral está no intervalo de aceitação ou rejeição da hipótese nula.

O valor de t amostral deve ser calculado através de:

$$t_x = \frac{\bar{\Delta X}}{S_{\Delta X}} n^{1/2} \quad (11)$$

e o intervalo de confiança por:

$$|t_x| < t_{(n-1, \alpha/2)} \quad (12)$$

Uma vez que a estatística t amostral não satisfaça a desigualdade (12), rejeita-se a hipótese nula, ou seja, a carta não pode ser considerada como livre de tendências significativas na coordenada testada, para um determinado nível de confiança.

A existência de tendência em alguma direção significa a ocorrência de algum problema (cujas causas podem ser as mais variadas), mas uma vez conhecida, o seu efeito pode ser minimizado pela subtração de seu valor a cada coordenada "lida" na carta.

Análise da precisão

A análise da precisão, pode ser feita comparando-se o desvio-padrão das discrepâncias com o erro padrão (EP) esperado, para a classe na qual se deseja testar.

Portanto o teste de hipótese a ser formulado é o seguinte:

$$H_0: S_x^2 = \sigma_x^2, \text{ contra}$$

$$H_1: S_x^2 > \sigma_x^2$$

O termo σ_x corresponde ao desvio-padrão esperado para a coordenada x, que nada mais é do que o erro-padrão esperado para aquela classe. Considerando que o erro-padrão é fixado não para uma coordenada, mas para a resultante, considera-se para os testes planimétricos:

$$\sigma_x = \frac{EP}{\sqrt{2}} \quad (13)$$

Uma vez calculada a variância esperada pode-se calcular a seguinte estatística:

$$\chi^2 = (n-1) \frac{S_{\Delta x}^2}{\sigma_x^2} \quad (14)$$

e verificar se o valor acima calculado esta no intervalo de aceitação, ou seja:

$$\chi^2 \leq \chi^2_{(n-1, \alpha)} \quad (15)$$

Se a expressão anterior não for obedecida, rejeita-se a hipótese (H0) de que a carta atenda à precisão pré-estabelecida.

No caso da análise ser feita, não sobre as componentes, mas sobre as resultantes, a equação (13) fica mais simples: $\sigma_x = EP$.

APLICAÇÃO PRÁTICA

Foi feita uma aplicação prática num produto na escala 1:50000 e a escolha deste produto se deu simplesmente por facilidades operacionais, uma vez que o Campus da UNESP se situa na região central da carta.

Este experimento foi realizado com a finalidade de mostrar ao leitor a aplicação prática do procedimento descrito no trabalho e não simplesmente avaliar a qualidade do produto, mesmo porque este foi editado em 1974, onde foram utilizadas fotos de 1965, o que significa que o produto está desatualizado, podendo este fato "mascarar" o resultado da análise proposta.

A carta testada abrange trechos de nove municípios e alguns pontos foram medidos em áreas rurais, a fim de que houvesse uma distribuição mais homogênea.

Foram realizados rastreios sobre 22 pontos, sendo que o ponto de referência para o posicionamento relativo pertence à RBMC - Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo, localizado na estação meteorológica da FCT - UNESP.

Destes 22 pontos, o ponto da RBMC e o ponto 1814 não foram utilizados. O ponto da RBMC, por não ser identificável na carta e o último devido ao fato de ter ocorrido interrupção do rastreio, por falta de energia.

A partir da determinação destes pontos, das transformações descritas, da medição dos pontos na carta e do cálculo das discrepâncias, foi feita a análise estatística.

Um resumo das estatísticas calculadas é mostrado na tabela IV.

Tabela IV - Resumo das estatísticas.

Direção -	E	N
$\bar{D}(m)$	19,551	2,608
$S_x(m)$	16,202	19,344
$t_{amostral}$	5,40	0,60
$t_{(19,5\%)}$	1,73	1,73
χ^2_A	44,34	63,20
χ^2_B	15,96	22,75
$\chi^2_{(19,10\%)}$	27,20	27,20

Como pode ser verificado na tabela, a comparação do valor de t amostral com o valor teórico indica a existência de uma certa tendência na direção E, que pode ser eliminada subtraindo-se de cada coordenada lida na carta o valor da discrepância nesta direção. A comparação do Qui-Quadrado amostral com os valores teóricos indicam que a carta pode ser classificada como classe B, para um nível de significância de 10%.

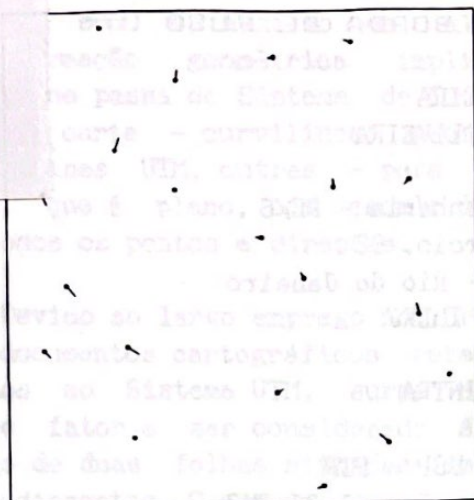
A utilização do critério da proporção amostral, sobre as discrepâncias resultantes, indica resultado semelhante. Dos 20 pontos utilizados, mais de 90% atende ao PEC planimétrico para a classe B (40m, para a escala 1:50000) e 90% das discrepâncias encontradas estão dentro de 0,74mm (na escala carta).

A figura 1 mostra a distribuição dos pontos de referência e os vetores das discrepâncias, obtidos após a subtração da tendência em E.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

A questão da análise da exatidão dos produtos cartográficos deve ser mais difundida na medida em que novas tecnologias, como por exemplo: os sistemas de informações geográficas; os sistemas fotogramétricos digitais, etc, contribuem para a participação de profissionais não especialistas, na produção cartográfica, sem no entanto se preocupar com a qualidade geométrica das informações.

Na avaliação da exatidão, diversos critérios podem ser utilizados (Nunes et al., 1987) podendo-se inclusive, de acordo com o enfoque utilizado, obter diferentes classificações para um mesmo produto. Neste sentido, estudos devem ser realizados a fim de que sejam adotados critérios semelhantes na avaliação de



Escala:
Distribuição dos pontos — 2Km
Discrepâncias — 50m

Figura 1 - Disposição dos pontos e discrepâncias.

produtos cartográficos, em conformidade com o decreto 89817, incentivando-se a inscrição da confiabilidade nos produtos.

Neste sentido sugere-se procedimentos que avaliem a existência de tendências e avaliem a exatidão, como por exemplo o procedimento apresentado neste trabalho.

O GPS pode ser utilizado, com grande ganho de tempo e com precisão compatível na determinação de pontos de referência para o controle de qualidade, devendo-se ter os devidos cuidados quanto aos referenciais envolvidos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à direção da UNESP - FCT pelo apoio e ao Dr. Antonio Maria Garcia Tommaselli, pelas sugestões apresentadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLACHUT, T.J., CHRZANOWSKI, A. e SAASTAMOINEN, J.H. *Urban Surveying and Mapping*, Springer-Verlag New York Inc., 1979, 372p.

FORTES, L.P.S., CAGNIN, I.F. e BLITZKOW, D. *Determinação dos Parâmetros de Transformação Entre os Sistemas NWL-10D, NSWC-92Z, WGS-84 e o SAD-69*, Anais do XIV Congresso Brasileiro de Cartografia, Gramado - RS, Brasil,

vol. 1, 157-165, 1989.

GEMAEL, C. *Introdução ao Ajustamento de Observações: Aplicações Geodésicas*, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR, Curitiba - PR, 1984.

IBGE *Boletim de Serviço* 1602 (Suplemento), Ano XXXII, Rio de Janeiro, 1983.

INTRUÇÕES REGULADORAS DAS NORMAS TÉCNICAS DA CARTOGRAFIA NACIONAL, Diário Oficial da União, 22 de junho, 1984.

LEICK, A. *GPS Satellite Surveying*, John Wiley & Sons, Inc, 1990, 352p.

MARQUES, J.M. *Notas de Aula da Disciplina Ajustamento I*, Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR, Curitiba PR, 1987.

MERCHANT, D.C. *Spatial Accuracy Standards for Large Scale Line Maps*, Technical Papers of the American Congress on Surveying and Mapping (1), 222-231, 1982.

NUNES, JORGE L. e BRITO, SILVA Proposta de Metodologia para a Classificação de Documentos Cartográficos, *Revista Brasileira de Cartografia* n. 41, 27- 42, 1987.

RODRIGUES, M.A., CARVALHO, P.C. de, KOBATA, M.K., SCARIM, J.L. e MANFRINATTI, *Análise da Exatidão Planimétrica da Carta 1:50000 (IBGE) de Presidente Prudente*. Projeto final do Curso de Engenharia Cartográfica da UNESP, Pres. Prud., 1989.

TOMMASELLI, A.M.G. e MONICO, J.F.G. CAMARGO, P.O. *Análise da Exatidão Cartográfica da Carta Imagem de "São Paulo"*, Anais do V Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal - RN, Brasil, vol.1, 253-257, 1988.