

Controle de qualidade da digitalização de cartas de solo 1:1.000.000 da bacia do alto rio Paraguai

Renata Ribeiro do Valle Gonçalves ¹
João dos Santos Vila da Silva ²
Juliana Rampazzo ³

¹ Universidade Estadual de Campinas – Unicamp
Faculdade de Engenharia Agrícola – Feagri
Cidade Universitária Zeferino Vaz - Caixa Postal 6011
13083-970 – Campinas, SP, Brasil
renaribeiro@yahoo.com.br

² Embrapa Informática Agropecuária - CNPTIA
Av. André Toselo, 209 - Caixa Postal 6041
13083-886 – Campinas, SP, Brasil
jvilla@cnptia.embrapa.br

³ Bolsista CNPq
Av. André Toselo, 209 - Caixa Postal 6041
13083-886 – Campinas, SP, Brasil
juliana@cnptia.embrapa.br

Resumo: O controle de qualidade de produtos cartográficos é uma fase extremamente importante no processo de mapeamento, sendo poucas vezes realizado no Brasil. A exatidão de um mapa pode ser estabelecida por parâmetros estatísticos que relacionam as posições de um conjunto de pontos encontrados no mapa, com as respectivas posições levantadas em campo, que nesse caso são consideradas como verdadeiras. O trabalho teve como objetivo fazer o controle de qualidade de cartas de solo 1: 1.000.000 da bacia do alto rio Paraguai utilizando os padrões de exatidão cartográfica estabelecidos pelo Decreto nº 89817/84. O método utilizado para verificar a exatidão e a precisão cartográfica das cartas foi baseado em uma análise estatística das discrepâncias entre as coordenadas de um conjunto de pontos medidos nas cartas com as coordenadas de referência, uma grade de pontos (quadrícula) bem definidos, dos pontos homólogos. A partir desses valores, foram calculadas as demais estatísticas para proceder à realização do teste. Em seguida, foram empregados os testes para verificar a exatidão e a precisão das cartas geradas. Foi possível verificar por estes resultados que as cartas não apresentaram tendências em nenhuma das coordenadas testadas. No teste de precisão, as cartas atingiram o padrão estabelecido para as classes A e B.

Palavras-chave: padrão de exatidão cartográfica, Decreto nº 89817/84, Pantanal, SIG.

Abstract: : The quality control of cartographic products is an extremely important step in the mapping process, although it's not a usual activity in Brazil. The accuracy of a map can be established by statistical parameters that relate the positions of a group of points found in the map, with the respective positions determined in the field survey, considered as true in this case. The work had as objective to carry out the quality control of soil maps from the Alto do Paraguay River basin in the 1:1.000.000 scale, using the patterns of cartographic accuracy established by the Ordinance no. 89817/84. The method used to verify the accuracy and the cartographic precision of the maps was based on a statistical analysis of the discrepancies among the coordinates of a group of points measured in the maps, and the reference coordinates, established by a grid of points (small square) well defined, of the homologous points. From these values, the other statistics were calculated to proceed to the accomplishment of the test. Then, the tests were used to verify the accuracy and the precision of the generated maps. It was possible to verify for these results that the maps didn't show tendencies in none of the tested coordinates. In the test of precision, the maps reached the established pattern for the classes A and B.

Key-words: pattern of cartographic accuracy, Decree no. 89817/84, Swampland, SIG.

1. Introdução

O controle de qualidade de produtos cartográficos é uma fase extremamente importante no processo de mapeamento, sendo poucas vezes realizado no Brasil. Na medida em que a tecnologia utilizada nos procedimentos de mapeamento se desenvolve rapidamente, aumenta o número de usuários não especialistas, e em função de um certo despreparo é que a questão da qualidade geométrica muitas vezes é deixada de lado. Galo e Camargo (1994).

O termo exatidão é freqüentemente empregado pelos produtores e usuários de mapas. Na análise de um produto tão complexo quanto o cartográfico, o sentido do termo exatidão não pode ser assumido literalmente. Segundo Chaves (1998), exatidão é um conceito mais relativo do que absoluto em relação à Cartografia. Não pode ser adotado como uma definição rígida tal como conformidade exata com a realidade, porque os mapas são generalizações do mundo real, onde inevitavelmente são introduzidos erros em sua produção. Dessa forma, os mapas não podem ser 100% exatos; a exatidão de um mapa pode ser estabelecida por parâmetros estatísticos que relacionam as posições de um conjunto de pontos encontrados no mapa, com as respectivas posições levantadas em campo, que nesse caso são consideradas como verdadeiras.

No Brasil, os padrões de exatidão cartográfica são estabelecidos pelo Decreto nº 89817/84 que especifica as instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Os dois artigos apresentados a seguir especificam os critérios de exatidão e classificação de cartas quanto a precisão, de acordo com os Padrões de Exatidão Cartográfica.

Art. 8º - As cartas, quanto à exatidão, devem obedecer ao Padrão de Exatidão Cartográfica, segundo os critérios abaixo discriminados:

- 1) Noventa por cento dos pontos bem definidos numa carta, quando testados no terreno, não devem apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfico estabelecido.
- 2) Noventa por cento dos pontos isolados de altitude obtidos por interpolação de curvas de nível, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao Padrão de Exatidão Cartográfico estabelecido.

Parágrafo primeiro – Padrão de Exatidão Cartográfica é um indicador estatístico por dispersão, relativo a 90% (noventa por cento) de probabilidade, que define a exatidão dos trabalhos cartográficos.

Parágrafo segundo – A probabilidade de 90% (noventa por cento) corresponde a 1,6449 vezes o Erro Padrão (PEC = 1,6449 · EP).

Parágrafo terceiro – O erro isolado num trabalho cartográfico não ultrapassará 60,8% do Padrão de Exatidão Cartográfica.

Parágrafo quarto – Para efeito das presentes instruções consideram-se equivalentes as expressões Erro Padrão, Desvio Padrão e Erro Médio Quadrático.

Art. 9º - As cartas, quanto à precisão, são classificadas nas classes A, B e C (**Tabelas 1 e 2**), segundo os seguintes critérios:

a) Classe A:

1) Padrão de Exatidão Cartográfica Planimétrico: 0,5 mm na escala da carta, sendo de 0,3 mm na escala da carta o Erro Padrão correspondente.

2) Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrico: metade da equidistância entre as curvas de nível, sendo de um terço desta equidistância o Erro Padrão correspondente.

b) Classe B:

1) Padrão de Exatidão Cartográfica Planimétrico: 0,8 mm na escala da carta, sendo de 0,5 mm na escala da carta o Erro Padrão correspondente.

2) Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrico: três quintos da equidistância entre as curvas de nível, sendo de dois quintos desta equidistância o Erro Padrão correspondente.

c) Classe C:

1) Padrão de Exatidão Cartográfica Planimétrico: 1,0 mm na escala da carta, sendo de 0,6 mm na escala da carta o Erro Padrão correspondente.

2) Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrico: três quartos da equidistância entre as curvas de nível, sendo a metade desta equidistância o Erro Padrão correspondente.

Tabela 1: Padrão de Exatidão Cartográfica Planimétrico – Fonte: Decreto nº 89817/84.

Escala do produto	Precisão Planimétrica (m)					
	Classe A		Classe B		Classe C	
	PEC	EP	PEC	EP	PEC	EP
1: 1.000.000	500,0	300,0	800,0	500,0	1000,0	600,0
1: 10.000	50	3,0	8,0	5,0	10,0	6,0
1: 5.000	2,5	1,5	4,0	2,5	5,0	3,0
1: 2.000	1,0	0,6	1,6	1,0	2,0	1,2
1: 1.000	0,5	0,3	0,8	0,5	1,0	0,6

Tabela 2: Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrico – Fonte: Decreto nº 89817/84.

Eqüidistância (m)	Precisão Altimétrica (m)					
	Classe A		Classe B		Classe C	
	PEC	EP	PEC	EP	PEC	EP
15	7,5	5,0	9,0	6,0	11,3	7,5
10	5,0	3,3	6,0	4,0	7,5	5,0
5	2,5	1,7	3,0	2,0	3,8	2,5
1	0,5	0,3	0,6	0,4	0,8	0,5

2. Objetivo

Efetuar o controle da qualidade de digitalização de cartas de solo 1:1.000.000 da bacia do alto rio Paraguai utilizando os padrões de exatidão cartográfica estabelecidos pelo Decreto nº 89817/84.

3. Material e Métodos

As cartas de solo na escala 1:1.000.000 utilizadas neste trabalho foram elaboradas pelo projeto Radambrasil e referem-se a: Folha SD 22 Goiás (Brasil, 1981), Folha SD 21 Cuiabá (Brasil 1982a), Folha SE 21 Corumbá e parte da Folha SE 20 (Brasil, 1982b), Folha SF 21 Campo Grande (Brasil, 1982c) e Folha SE 22 Goiânia (Brasil, 1983) onde está inserida a bacia do alto rio Paraguai. As cartas foram obtidas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) no formato digital em PDF, as quais foram digitalizadas na Embrapa Informática Agropecuária com resolução 300dpi.

Segundo Merchant (1982), a exatidão de um mapa pode ser verificada por meio da comparação entre as coordenadas extraídas de um conjunto de pelo menos 20 pontos bem definidos na carta ou mapa, com as respectivas coordenadas obtidas por levantamento de campo, denominadas coordenadas de referência.

Galo e Camargo (1994) apresentam um método, baseado em Merchant (1982), para verificar a exatidão e a precisão cartográfica de uma carta, baseado na análise estatística das discrepâncias entre as coordenadas de um conjunto de pontos medidos na carta com as coordenadas de referência dos pontos homólogos, medidas em campo a partir de levantamentos com GPS. Neste trabalho utilizou-se como coordenadas de referência uma grade de pontos (quadrícula) bem definidos, criada automaticamente utilizando o SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas) os quais estão em Córrego Alegre.

A seguir será apresentado o conjunto de equações que é empregado neste método. Nessas equações, X será utilizado para denominar uma coordenada genérica, seja ela planimétrica ou altimétrica, ou seja, as equações são válidas para testar qualquer coordenada de cartas e mapas, desde que a coordenada esteja referenciada a um sistema de projeção. Para proceder ao teste, deve-se calcular a discrepância entre a coordenada de um ponto lido na carta e sua coordenada de referência. O cálculo é realizado através da equação

$$\Delta X = X^r - X, \quad (1)$$

onde:

- ΔX é a discrepância a ser calculada;
- X^r é a coordenada de referência para um dado ponto;
- X é a coordenada do ponto obtida através de leitura na carta.

Após o cálculo das discrepâncias de todos os pontos, calcula-se a média e o desvio-padrão das discrepâncias, através das equações

$$\overline{\Delta X} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta X_i \quad (2)$$

e

$$S_{\Delta X} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (\Delta X_i - \overline{\Delta X})^2}, \quad (3)$$

onde:

- $\overline{\Delta X}$ é a discrepância média calculada para os pontos empregados no teste;
- n é o número de pontos empregados no teste;
- $S_{\Delta X}$ é o desvio-padrão das discrepâncias.

Após o cálculo desses parâmetros, é realizado o teste de tendência. Para tanto, são assumidas as hipóteses dadas por

$$\left. \begin{array}{l} H_0 : \overline{\Delta X} = 0 \\ H_1 : \overline{\Delta X} \neq 0 \end{array} \right\}, \quad (4)$$

onde H_0 representa a hipótese nula e H_1 a hipótese alternativa do teste.

Em seguida, calcula-se a estatística amostral t e verifica-se se o seu valor está no intervalo de aceitação ou rejeição da hipótese nula. O valor da estatística t amostral é dado por

$$t_X = \frac{\overline{\Delta X}}{S_{\Delta X}} n^{1/2}. \quad (5)$$

O intervalo de confiança relativo ao teste é definido por

$$|t_X| < t_{(n-1, \alpha/2)}, \quad (6)$$

onde $t_{(n-1,\alpha/2)}$ representa o valor da distribuição t para $n-1$ graus de liberdade e nível de significância α .

Se o valor calculado da estatística t amostral não satisfizer a desigualdade dada em 6, rejeita-se a hipótese nula, ou seja, a carta possui tendências significativas na coordenada testada, para um determinado nível de significância. A determinação de tendências em alguma das coordenadas indica a ocorrência de algum problema no processo de mapeamento.

Para proceder à análise da precisão, compara-se o desvio-padrão das discrepâncias com o Erro Padrão (EP) de uma classe pré-selecionada. O teste de hipótese para esta análise é dado por

$$\left. \begin{array}{l} H_0 : S_X^2 = \sigma_X^2 \\ H_1 : S_X^2 > \sigma_X^2 \end{array} \right\}, \quad (7)$$

onde σ_X corresponde ao desvio-padrão ou erro padrão esperado para a coordenada genérica X , sendo dado pela equação

$$\sigma_X = \frac{EP}{\sqrt{2}}. \quad (8)$$

Na seqüência, calcula-se o valor do qui-quadrado amostral, para posterior realização do teste. Esse valor é dado por

$$\chi_X^2 = (n-1) \cdot \frac{S_{\Delta X}^2}{\sigma_X^2}. \quad (9)$$

Após o cálculo do qui-quadrado amostral através da expressão 9, aplica-se o teste para determinar se a carta atende a precisão pré-estabelecida pela classe escolhida. O teste consiste em verificar se o valor calculado satisfaz a condição dada em

$$\chi_X^2 \leq \chi_{(n-1,\alpha)}^2, \quad (10)$$

onde $\chi_{(n-1,\alpha)}^2$ é o valor da distribuição qui-quadrado para $n-1$ graus de liberdade, onde n é o número de pontos, e α é o nível de significância.

Se o teste não satisfizer a condição expressa anteriormente, rejeita-se a hipótese nula de que a carta atende à precisão pré-estabelecida.

4. Resultados e Discussão

A exatidão da digitalização das cartas pode ser verificada por meio da comparação entre as coordenadas de referência (quadrícula) e suas respectivas coordenadas nas cartas, ambas no datum Córrego Alegre. Na **Figura 1** apresenta-se a espacialização desses dados para a Folha SD 21 Cuiabá.

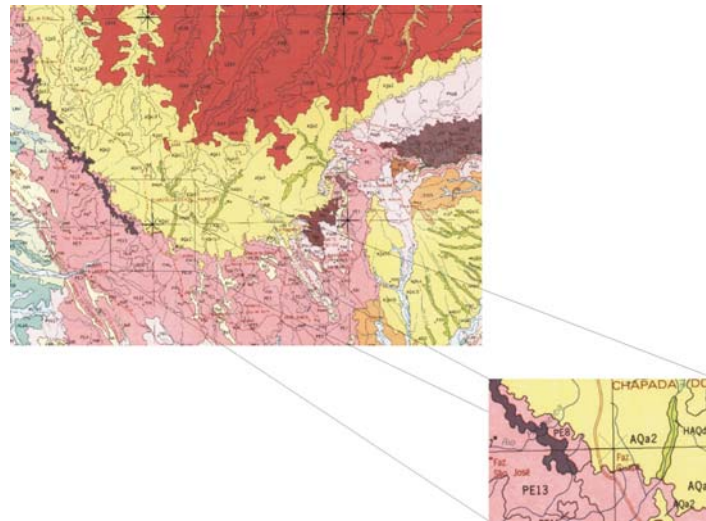


Figura 1: Coordenada de referência e sua respectiva coordenada na Folha SD 21 Cuiabá.

Foram coletados 35, 29, 35, 32 e 31 pontos nas Folhas: SD 22 Goiás, SD 21 Cuiabá, SE 21 Corumbá e parte da Folha SE 20, SF 21 Campo Grande e SE 22 Goiânia, respectivamente. Na **Figura 2** pode ser visto os pontos de referência (quadrícula) e os pontos lidos na carta, os mesmos foram coletados na Folha SD 21.

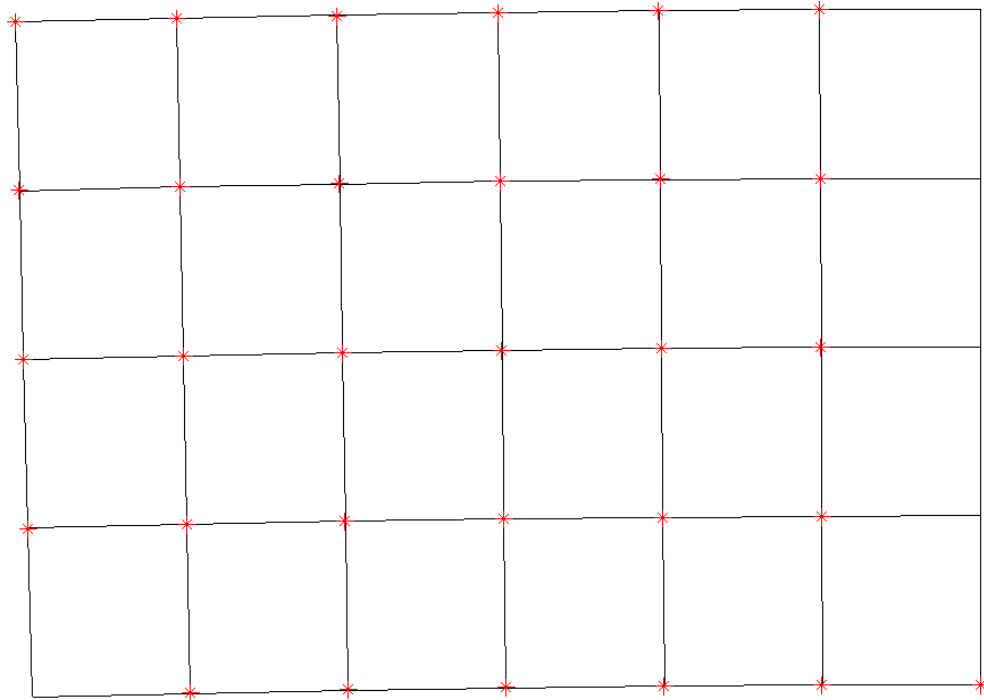


Figura 2: Pontos de referência (quadrícula) e pontos lidos na Folha SD 21 Cuiabá.

Na **Figura 3** pode ser visto com detalhe o deslocamento do ponto de referência (quadrícula) e do ponto lido na carta digitalizada. Todos os pontos apresentaram um deslocamento, mas este deslocamento está dentro do permitido pelo padrão de exatidão cartográfica de acordo com o Decreto nº 89817/84.



Figura 3: Detalhe do deslocamento do ponto de referência e do ponto lido na carta digitalizada.

A partir dos métodos descritos anteriormente foram calculadas as discrepâncias entre as coordenadas de referência e as obtidas nas cartas e, as médias e desvios-padrão dessas discrepâncias (**Tabela 3**).

Tabela 3: Valores das médias e desvios-padrão das discrepâncias.

Folha SD 22 Goiás		
	X (m)	Y (m)
Média das discrepâncias	-213,8690	5,5349
Desvio Padrão das discrepâncias	321,3320	193,1294
Folha SD 21 Cuiabá		
Média das discrepâncias	-25,8508	105,4978
Desvio Padrão das discrepâncias	125,5399	213,7987
Folha SE 21 Corumbá e parte da Folha SE 20		
Média das discrepâncias	-264,0807	-97,3638
Desvio Padrão das discrepâncias	262,7703	380,9218
Folha SF 21 Campo Grande		
Média das discrepâncias	-98,2233	40,8616
Desvio Padrão das discrepâncias	171,4024	185,5255
Folha SE 22 Goiânia		
Média das discrepâncias	-75,5475	58,6764
Desvio Padrão das discrepâncias	123,7901	201,7484

A partir desses valores, foram calculadas as demais estatísticas para proceder à realização do teste. Em seguida, foram empregados os testes para verificar a exatidão e a precisão das cartas geradas. Foi possível verificar por estes resultados que as cartas não apresentaram tendências em nenhuma das coordenadas testadas. No teste de precisão, as cartas atingiram o padrão estabelecido para as classes A e B. Logo, o resultado final foi:

Folha SD 22 Goiás (volume 25) – Classe B
Folha SD 21 Cuiabá (volume 26) – Classe A
Folha SE 21 Corumbá e parte da Folha SE 20 (volume 27) – Classe B
Folha SF 21 Campo Grande (volume 28) – Classe A
Folha SE 22 Goiânia (volume 31) – Classe A

5. Conclusões

Os resultados obtidos no controle de qualidade das cartas da bacia do alto rio Paraguai, de acordo com o padrão de exatidão cartográfica, mostram que tais cartas apresentam ótima qualidade e estão aptas a serem utilizadas pelos usuários em geral. Esta avaliação de produtos cartográficos, baseada nas normas técnicas de cartografia definidas pelo Decreto nº 89.817/84, deveria ser obrigatória entre as instituições produtoras de mapas e cartas contendo informações georreferenciadas.

6. Referências

- Brasil. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto Radambrasil. **Folha SD.22 Goiás:** geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra, Rio de Janeiro: DNPM, 1981. (levantamento de recursos naturais, v.25), (Edição fac-similar disponibilizada em CD-ROM por IBGE, 2003). 640 p.
- Brasil. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto Radambrasil. **Folha SD.21 Cuiabá:** geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra, Rio de Janeiro: DNPM, 1982a. (levantamento de recursos naturais, v.26), (Edição fac-similar disponibilizada em CD-ROM por IBGE, 2003). 544 p.
- Brasil. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto Radambrasil. **Folha SE.21 Corumbá e parte da Folha SE.20:** geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra, Rio de Janeiro: DNPM, 1982b. (levantamento de recursos naturais, v.27), (Edição fac-similar disponibilizada em CD-ROM por IBGE, 2003). 452 p.
- Brasil. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto Radambrasil. **Folha SF.21 Campo Grande:** geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra, Rio de Janeiro: DNPM, 1982c. (levantamento de recursos naturais, v.28), (Edição fac-similar disponibilizada em CD-ROM por IBGE, 2003). 416 p.
- Brasil. Ministério das Minas e Energia. Secretaria-Geral. Projeto Radambrasil. **Folha SE.22 Goiânia:** geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra, Rio de Janeiro: DNPM, 1983. (levantamento de recursos naturais, v.31), (Edição fac-similar disponibilizada em CD-ROM por IBGE, 2003). 768 p.
- Chaves, E. E. D. **Análise da qualidade de dados georreferenciados utilizando a tecnologia GPS.** 1998. 179 p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia - Universidade de São Paulo, São Carlos.
- Galo, M.; Camargo, P. O. O uso do GPS no controle de qualidade de cartas. **COBRAC – 1º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário.** Tomo II, p. 41-48, Florianópolis, 1994.
- Merchant, D. C. Spatial Accuracy Standards for Large Scale Line Maps. **Technical Papers of the American Congress on Surveying and Mapping.** p. 222-231, 1982.
- Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Decreto Nº 89.817, 1984.