
ANÁLISE DE NORMAS DE CONTROLE DE QUALIDADE POSICIONAL EM CARTOGRAFIA AO REDOR DO MUNDO: EXEMPLOS ATUAIS DE ALGUNS PAÍSES

TÚLLIO ÁULLUS JÓ PEREIRA
MARCELO ANTONIO NERO

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE
Centro de Tecnologia e Geociências - CTG
Departamento de Engenharia Cartográfica, Recife, PE
aulluspereira, {marcelo.nero.ufpe}@gmail.com

RESUMO - Este artigo foi desenvolvido com o intuito de atualizar e estudar o estado da arte de normas que estabelecem os critérios da avaliação posicional dos produtos finais cartográficos. Foram pesquisadas normas de diversos países. No entanto, aqui é abordada uma coletânea de normas vigentes e de destaque em alguns países por continente. Estas foram analisadas, sendo selecionadas às consideradas de maior destaque. São elas as normas da África do Sul, do México, da Austrália, de Portugal, do Japão e do Brasil. Os resultados aqui apresentados foram obtidos através de uma análise comparativa das normas dos países pesquisados. Assim, apresenta-se uma análise crítica de países dos diversos continentes. Essa análise levou em conta o número de pontos de controle, indicador estatístico, a aplicação (diferentes escalas), o erro padrão adotado, nível de confiança, tipo de análise com função normal uni ou bidimensional (coordenadas isoladas ou em conjunto) e observações gerais. A partir desses resultados foi elaborada uma tabela resumo, além de sugestões para incorporar na atualização da norma vigente de controle posicional em Cartografia no Brasil e considerando a nova norma apresentada na INDE (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais).

ABSTRACT - This paper was developed with the goal to update and study the state of the art of standards that establishes criteria for evaluating positional mapping accuracy. Standards of several countries were researched. However, here there are only a collection of some countries standards sorted by continent. This collection considered the most innovated standards. The standards from South Africa, Mexico, Australia, Portugal, Japan and Brazil were considered the most important. The results presented here were obtained through a comparative analysis of the standards of the countries researched. Thus, it presents a critical analysis of countries on several continents. This analysis considered the number of control points, statistical indicator, the application (different scales), the standard deviation adopted, the confidence level, type of analysis with single or bi-dimensional normal function (coordinates isolated or in combination) and general observations. From these results was created a summary table, besides suggestions to incorporate in map accuracy standards updating in Brazil and considering the new standard presented in The NSDI (*National Spatial Data Infrastructure*).

1 INTRODUÇÃO

Este artigo é uma parte do resultado de uma ampla pesquisa realizada através do envio de e-mails para diversos países, com o intuito de saber qual o estado da arte das normas referentes ao controle de qualidade posicional em termos de Cartografia em cada país. Este trabalho foi realizado com o apoio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica – (PIBIC). Paralelamente, ao envio dos e-mails foi realizada uma pesquisa direta via Internet, a exemplo do que foi feito em Nero e Cintra (2005). Assim, foi possível a aquisição de várias normas atualizadas ou saber qual a norma vigente no país, tais como na África do Sul (DRDLR, 2010a, 2010b e 2010c), na Austrália (ICSM, 2009), no Brasil (Brasil, 1984 e CONCAR, 2011), na Colômbia (IGAC, 1994, ICONTEC, 2000, 2001), na Costa Rica (INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL, 2007), na Eslováquia (GCCA SR, 2009), nos Estados Unidos (FGDC, 1998), na Inglaterra (OS, 2009), na França (LÓPES, 2003), no Japão (GSI, 2010), no México (INEG, 2010), em Portugal (IGEO, 2004), entre outras.

Apresentam-se aqui as características principais das normas de alguns países, considerando como de destaque aquelas com inovação conceitual e a aplicação de conceitos das normas da série ISO 19.000 (ISO 19113, 2002, ISO

19114, 2003, ISO 19115, 2002). Outro ponto importante é que se apresenta um apanhado de normas de países por continente, sendo relatadas as normas e seus aspectos mais críticos na África do Sul, na Austrália, no México, em Portugal, no Japão e no Brasil. A seguir é apresentada a metodologia geral e conceitual da pesquisa, além da análise, abrangendo o resumo das normas nesses países, bem como as considerações finais.

2 METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa adotada abrangeu o estudo de conceitos ligados ao controle de qualidade posicional, sendo elaborados e-mails em diversas línguas (português, espanhol, inglês e francês), pesquisa na Internet (incluindo o acesso e pesquisa às páginas eletrônicas da FIG – Fédération Internationale des Géomètres, ICA – International Cartographic Association, do IGEO – Instituto Geográfico Português, do EuroGeographics, dentre outros). Dentro ainda da metodologia foi elaborada a leitura das diversas normas obtidas, a análise dos conceitos estatísticos envolvidos e a uniformização de alguns desses conceitos, termos e parâmetros para a análise. Posteriormente, foram gerados os resumos apresentados neste trabalho para os países já citados e relatados a seguir.

2.1 África do Sul

As normas utilizadas na África do Sul, as quais datam de setembro de 2010, se aplicam ao controle dos processos (como por exemplo, o Padrão de Rede Geodésica Nacional - *Standard for the National Control Survey Network*, DRDLR, 2010a) e ao processo de produção de ortofotomapas nas escalas de 1:10.000, 1:50.000, 1:250.000, e 1:500.000.

Essas normas, desenvolvidas pelo Departamento de Desenvolvimento Rural e Reforma Agrária – Department: Rural Development & Land Reform, voltadas para a elaboração de ortofotomapas, relatam os critérios necessários para o controle de qualidade posicional de mapas em cópias em papel e em meio digital. Considerando-se que o foco principal do trabalho é a qualidade do produto final digital aqui será feita uma abordagem para normas referentes às escalas de 1:10.000 e 1:50.000, pois apenas essas especificações são aplicadas à era digital.

Nas especificações para o controle de qualidade final do produto cartográfico de ortofotomapas digitais na escala 1:10.000 (DRDLR, 2010b) tem-se que:

- 1) os pontos bem definidos nas ortofotomapas devem apresentar precisão posicional melhor que 5 m (0,5 mm nessa escala) em 95% dos casos;
- 2) a precisão posicional altimétrica de todos os pontos identificáveis não deve exceder metade do intervalo da equidistância das curvas de nível em 95% dos casos.

Já na norma aplicada para a escala 1:50.000 (DRDLR, 2010c) tem-se que:

- 1) os pontos bem definidos nas ortofotomapas devem apresentar precisão posicional melhor que 35 m (0,7 mm nessa escala) em 95% dos casos;
- 2) a precisão posicional altimétrica de todos os pontos identificáveis não deve exceder metade do intervalo da equidistância das curvas de nível em 95% dos casos.

Nessas duas normas não é definido um valor exato do número de pontos de controle para amostra. Além disso, se levarmos em conta a planimetria a norma aplica à escala 1:10.000 é mais rigorosa proporcionalmente com relação à aplicada à norma para a escala 1:50.000. Isto se explica pelo fato do valor do erro limite da primeira ser inferior ao da segunda. Provavelmente, isso ocorre pelo fato da generalização cartográfica na escala 1:50.000 ser maior que na escala 1:10.000. Outro aspecto importante é que em ambas as normas aplicadas não se definem qual a precisão posicional dos pontos de controle de avaliação da referência mais precisa.

2.2 Austrália

A norma australiana analisada foi a denominada *Australian Map and Spatial Horizontal Data Accuracy Standard – (AMSDAS)*, desenvolvida pelo Comitê Intergovernamental de Levantamento e Mapeamento – Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping, ver ICSM (2009). Essa norma se baseia na norma dos Estados Unidos da América, apresentada em FGDC (1998), levando em conta também as normas da série ISO 19.000 (ISO 19113, 2002, ISO 19114, 2003, ISO 19115, 2002), relacionadas à qualidade de dados espaciais.

Esta norma especifica o cálculo da precisão horizontal absoluta, os requisitos para mapas australianos e modelagem de dados espaciais. Aplica-se aos dados em formato tanto raster como vetor e para mapeamentos obtidos a partir de fotogrametria, de imagens de satélite e de levantamentos em geral.

A precisão linear deve atender à probabilidade de 95%, ou seja, 1,96 vezes o desvio padrão, sendo que a metodologia usada para alcançar esse resultado deve ser indicada no produto final. A precisão de 95% significa que 95% dos pontos bem definidos deverão ter erro inferior ao valor de precisão exigida. A norma apresenta três possíveis

métodos a serem utilizados para realizar a validação do produto final, sendo recomendado que a precisão do produto seja testada através de um ou mais métodos:

1) Teste por comparação com uma fonte de melhor precisão: método onde a precisão deve ser testada comparando-se as coordenadas planimétricas do produto avaliado com as coordenadas de uma fonte mais precisa. A fonte mais precisa tem as suas coordenadas obtidas por meio da recomendação do emprego de levantamentos geodésicos, feitos com GPS, levantamentos fotogramétricos e banco de dados espaciais de melhor precisão. É recomendado na norma avaliar o produto com uma amostra de no mínimo 20 (vinte) pontos, que devem ser distribuídos em intervalos igualmente espaçados para refletir a área geográfica de interesse, a exemplo do que é feito em FGDC (1998). Como indicador estatístico é utilizado o erro médio quadrático (*Root Mean Square Error – RMSE*) em cada uma das coordenadas da amostra separadamente (o que pode ser visto em (1) e (2)), evitando o erro sistemático, que possivelmente, ocorreria caso essa avaliação avaliasse as coordenadas em conjunto.

$$95\% \text{ de Acurácia} = 2,4477 \times RMSE_x \quad (1)$$

$$95\% \text{ de Acurácia} = 2,4477 \times RMSE_y \quad (2)$$

2) Teste Por Estimativa Dedutiva: é utilizado um material como fonte de dados a ser processado e manipulado resultando numa precisão de 95%, calculada pela fórmula (3), a seguir:

$$95\% \text{ de Acurácia} = 1,96 \times \sqrt{(\sigma_m)^2 + (\sigma_l)^2 + (\sigma_{man})^2} \quad (3)$$

Onde σ_m , σ_l , σ_{man} representam os desvios padrões respectivamente do material utilizado, da conversão e do processo de manipulação.

Esse método é mais econômico que o anterior, já que o produto avaliado é proveniente de outro já avaliado e sem a necessidade de ir a campo para coletar pontos de controle para a validação. No entanto, a precisão encontrada através de estimativas e não de cálculos baseados em amostras reais resulta numa piora da precisão se comparada à encontrada com o método anterior, pois haverá propagação de erros de um produto para o outro.

3) Teste Por Inferência: nesse método a precisão é considerada igual à de outro produto, de escala e métodos de produção idênticos. Isto é, conhecendo a precisão de um determinado mapa, conseqüentemente, ter-se-ia a precisão de todos os mapas feitos com a mesma escala e com o mesmo método de produção. É óbvio que o custo seria irrisório assim como menos confiável a precisão obtida.

A norma Australiana também especifica que a precisão deve ser relativa às feições em toda a extensão do produto avaliado, ou seja, considera-se que os pontos bem definidos devem estar bem distribuídos. Essa norma não afirma categoricamente qual o número máximo de pontos de controle da amostra, mas diz qual o número mínimo, correspondente a 20. Assim, se forem analisados todos os pontos de controle levando-se em conta todos os pontos bem definidos os custos aumentam significativamente, considerando principalmente o primeiro método apresentado.

Essa norma ainda relata que é compatível aos padrões pré-estabelecidos nas normas da série ISO 19.000 (ISO 19113, 2002, ISO 19114, 2003, ISO 19115, 2002), correspondentes à área de Geomática. Finalmente, apresenta alguns exemplos numéricos, tornando a aplicação da mesma mais intuitiva e facilitando a interpretação e emprego por parte dos usuários finais.

2.3 México

O INEG (2010), responsável pela norma Modelo de qualidade de dados espaciais - *Modelo de Calidad de Datos Espaciales*, apresenta um esquema geral de avaliação de qualidade, que é apresentado na figura 1.

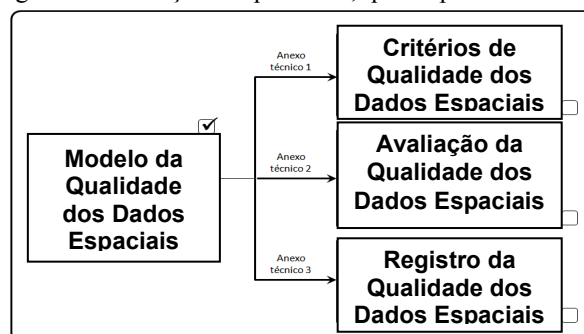


Figura 1 – Modelo geral e etapas do controle de base de dados espaciais.

Fonte: adaptado de INEG (2010).

Alguns exemplos de padrões reconhecidos e utilizados como base para esta norma são o Padrão Nacional de Acurácia de Mapas - *National Map Accuracy Standard* (USBB, 1947) e o Padrão Nacional de Acurácia de Dados Espaciais - *National Standard for Spatial Data Accuracy* (MPLMIC, 1999), os quais aplicam o erro médio quadrático como indicador estatístico, porém sendo a seleção do método a ser empregado de responsabilidade do produtor.

A norma mexicana se utiliza de alguns indicadores estatísticos tais como: o desvio padrão (σ), o erro médio quadrático (EMQ) e o erro circular provável (CEP) para avaliar a qualidade de dados espaciais. Abaixo se apresentam os indicadores utilizados na norma mexicana.

O desvio padrão corresponde à média das diferenças entre os valores e sua média amostral. Isto é, a média de quanto se desviam os valores da média das diferenças com relação à sua média amostral. Abaixo se tem a equação (4) para o cálculo do desvio padrão:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2}{n}} \quad (4)$$

Onde X_i , μ e n são respectivamente os valores observados, a média dos valores observados e o número de observações.

O erro circular provável (CEP) expressa um raio de um círculo de erro máximo, garantindo que pelo menos 50% dos dados estão dentro dele. Por exemplo, um CEP igual a 5m significa que pelo menos 50% dos dados têm um erro menor ou igual aos 5m, onde a equação (5) de obtenção do CEP é a seguinte:

$$CEP = 0,5887(\sigma_\varphi + \sigma_\lambda) \quad (5)$$

σ_φ e σ_λ são os desvios padrões das latitudes e longitudes respectivamente, podendo também ser calculado com o uso de coordenadas UTM (E , N). Existe a opção de calcular o CEP com a probabilidade de 95%, onde 95% dos dados estariam dentro do círculo de erro máximo. Este indicador estatístico é o resultado do CEP acima multiplicado pela constante 2,0789 (proveniente da função de distribuição normal bidimensional).

O erro médio quadrático é utilizado principalmente para ocasiões em que os sinais dos valores possam alterar o resultado da avaliação dos dados espaciais, resolvendo este problema, pois eleva os termos da equação ao quadrado como se vê na equação (6).

$$EMC = RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{ic} - P_{it})^2}{n}} \quad (6)$$

P_{ic} , P_{it} e n são os valores das observações existentes no grupo de dados da carta, os valores reais de cada observação no terreno e o número de observações, respectivamente. Lembrando que esta equação é utilizada para avaliar apenas uma coordenada, como no caso da altimetria. No entanto, se o objetivo é a avaliação da planimetria é utilizada a equação (7).

$$EMC_{xy} = RMSE_{xy} = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2} \quad (7)$$

2.4 Portugal

As normas portuguesas analisadas, denominadas *Procedimento para os trabalhos de fiscalização da execução de ortofotomapas e cartografia digital*, elaborada pelo Instituto Geográfico Português – IGP (IGP, 2004a, 2004b, 2004c), se aplicam para cada uma das seguintes escalas: 1:1.000, 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000.

Uma das principais diferenças entre as demais normas vistas até o momento e as normas aplicadas em Portugal é que nestas fica claro o número de pontos da amostra a serem avaliados. Esse número é determinado através de uma equação em função da área que o produto a ser avaliado representa.

Na aplicação das normas portuguesas, para a escala de 1:2.000 o número de pontos utilizados na análise de qualidade posicional do produto cartográfico será o resultado do seguinte produto: quociente inteiro por excesso, obtido da divisão da área total do projeto pela área de 1.000 ha, multiplicado por 20. Por exemplo, caso a área do produto avaliado fosse 2.700 ha o inteiro por excesso seria calculado como mostra a equação (8), encontrando assim três como inteiro por excesso. E o número de pontos utilizados na análise seria calculado como mostra a equação (9).

$$\frac{A}{1000ha} = \frac{2700ha}{1000ha} = 2,7 \quad (8)$$

$$I \times 20 = 3 \times 20 = 60 \text{ pontos} \quad (9)$$

No caso em que a área do produto a ser avaliada for menor do que 1.000 ha a amostra de pontos utilizada na avaliação não deverá ser inferior a 30 pontos de controle. O mesmo procedimento deve ser seguido nas escalas de 1:1.000 e 1:5.000.

No caso de um mapeamento na escala de 1:10.000, o procedimento para a determinação do número de pontos de controle da amostra para a análise é bastante semelhante ao descrito para o caso da escala de 1:2.000. A diferença principal é que na equação utilizada no cálculo do número de pontos de controle o valor do quociente é obtido utilizando 25.000 ha como denominador no lugar de 1.000 ha. Isso se explica pelo fato a escala de 1:10.000 ser menor que as escalas abordadas. Assim, a área a ser analisada será maior, além de seu conteúdo informativo ser menos detalhado. Portanto, é exigido um número menor de pontos de controle. De modo similar ao que é apresentado para a norma aplicada para escalas maiores, se a área a ser mapeada for menor que 25.000 ha se deve utilizar uma amostra de no mínimo 30 pontos.

O indicador estatístico utilizado para a avaliação dos pontos de controle das amostras é o erro médio quadrático, que também é aplicado na norma australiana e pode ser utilizado na mexicana. Durante a avaliação dos pontos amostrais são feitas avaliações planimétrica e altimétrica. O erro médio quadrático na planimetria é calculado segundo a equação (10).

$$EMQ_{xy} = RMSE_{xy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n ((X_{it} - X_{ic})^2 + (Y_{it} - Y_{ic})^2)}{n}} \quad (10)$$

$(X_{it}; Y_{it})$, $(X_{ic}; Y_{ic})$ e n são os valores obtidos das coordenadas dos pontos da amostra no terreno, os valores das coordenadas dos pontos presentes na carta e o número de pontos da amostra, respectivamente.

O uso deste indicador estatístico, o qual considera as coordenadas planimétricas (X, Y) em conjunto, tem o inconveniente de não detectar o erro sistemático. Nesse caso, o que acontece é que esse pode passar despercebido pelo avaliador. Essa situação ocorre também no caso da norma mexicana. Logo, o mais indicado seria a avaliação das coordenadas separadamente, da mesma maneira como é feito para a coordenada altimétrica. Ou seja, a aplicação do conceito do erro linear ao invés do erro circular.

2.5 Japão

Não foi possível a aquisição da norma japonesa em um idioma que permitisse uma análise mais profunda, pois a mesma encontrava-se apenas em japonês e a sua versão em inglês ainda em fase de tradução, quando da finalização desse trabalho da pesquisa. Assim, no contato com o profissional responsável naquele país foi obtido apenas um resumo em inglês.

Na norma japonesa (GSI, 2010) se avaliam os produtos cartográficos por meio do desvio padrão, como indicador estatístico. Ainda com respeito a essa norma, não é definido um número mínimo de pontos de controle a ser utilizado na amostra e nem o nível de confiança. São definidos os seguintes parâmetros em termos de acurácia de mapeamento básico nas especificações de qualidade posicional:

- acurácia horizontal: os pontos de controle devem ter erros inferiores a 0,7 mm na escala do mapeamento;
- acurácia vertical: aplicada para intervalo de curvas de nível, onde os pontos de controle devem apresentar erros inferiores à metade (1/2) da equidistância das curvas de nível; além disso, para pontos isolados com altitude coletada os erros não devem superar um terço (1/3) da equidistância das curvas de nível.

Isso fica claro quando se apresenta a tabela 1, a qual mostra as acurácias planimétrica e altimétrica em função das escalas de mapeamento básico realizado naquele país. Por exemplo, no mapeamento na escala de 1:2.500, tem-se que a acurácia posicional deveria ser de 1,75 m. Já para a acurácia vertical em termos de intervalo de curvas de nível seria de 1,0m e em termos de pontos isolados de altimetria seria de 0,6m.

Tabela 1 – Acurácias vertical e horizontal em função da escala no Japão.

Escala	Planimetria	Altimetria	
		Curvas de Nível	Pontos Cotados
1:2.500	1,75m	1,0m	0,6m
1:5.000	3,5m	2,5m	1,6m
1:25.000	17,5m	5,0m	3,3m

2.6 Brasil

A norma brasileira, oficial vigente, foi estabelecida em decreto de 1984 (Brasil, 1984). Neste decreto se estabelece três classes de produtos cartográficos, A, B e C, de acordo com o indicador estatístico Padrão de Exatidão

Cartográfica – PEC do produto avaliado. O indicador PEC é igual ao produto do desvio padrão pela constante 1,6449, este indicador apresenta um nível de confiança de 90%. No entanto, recentemente, em junho de 2011, a CONCAR criou a norma Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais – ET-ADGV. Esta norma tem como objetivo atualizar sua antecessora, pois a anterior não estava atendendo as necessidades atuais, aplicadas à era digital. Nesse sentido, passou-se a considerar que com o avanço tecnológico foram eliminados erros inerentes aos processos antigos e inserindo os erros, menores, dos processos atuais.

A norma ET-ADGV (CONCAR-EB, 2011) criou um novo indicador estatístico, o Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais – PEC-PCD. Este indicador continua a ser calculado pelo produto do desvio padrão e a constante 1,6449 e num nível de confiança de 90%. A norma torna-se mais rigorosa com os valores do PEC-PCD, inclusive criando uma nova classe de acurácia, sendo agora os produtos cartográficos classificados nas classes A, B, C e D.

Portanto, para avaliar um produto cartográfico digital de acordo com a ET-ADGV, basta calcular o PEC-PCD e comparar com o valor correspondente à escala do produto. As escalas que a norma apresenta os valores do PEC-PCD são 1:1.000, 1:2.000, 1:5.000, 1:10.000, 1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000. Contudo a norma não especifica o número de pontos de controle que deve conter a amostra e não deixa claro como é a forma de avaliação das coordenadas planimétricas (se isoladamente ou de modo conjunto).

Tabela 2 – Padrão de Exatidão Cartográfica da Planimetria dos Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD).
Fonte: adaptado de CONCAR-EB (2011).

PEC-PCD	1:1.000		1:2.000		1:5.000		1:10.000	
	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
A	0,28	0,17	0,56	0,34	1,40	0,85	2,80	1,70
B	0,50	0,30	1,00	0,60	2,50	1,50	5,00	3,00
C	0,80	0,50	1,60	1,00	4,00	2,50	8,00	5,00
D	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00

3 RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÃO

Os resultados dessa pesquisa são muito mais amplos do que os aqui apresentados. No entanto, neste artigo como já mencionado anteriormente, se apresentam resultados relevantes e que envolvem a abordagem na era digital da Cartografia em alguns países apenas. Assim, a tabela 3 é um pequeno resumo dos resultados obtidos para esses países, bem como dos comentários relatados no item anterior, onde se apresentam aspectos comparativos das normas aqui analisadas. Assim, se consideram os parâmetros referentes ao número de pontos de controle, o indicador estatístico, o nível de confiança, o tipo de avaliação da planimétrica (conjunto ou isolada), as escalas abordadas e o erro padrão adotado.

Tabela 3 – Comparação das normas apresentadas.

País	Fonte	Pontos de Controle	Indicador Estatístico	Nível de Confiança	Avaliação Planimétrica	Escala(s)	Erro Padrão (EP)
África do Sul	DRDLR (2010a, 2010b, 2010c)	-	M.M.Q	95%	Conjunta	1:10.000 e 1:50.000	0,26 e 0,36mm
Austrália	ICMS (2009)	20	RMSE	95%	Separada	Qualquer	-
Brasil	CONCAR-EB (2011)	-	PEC-PCD	90%	Não fica claro	1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000	-
Japão	GSI (2010)	-	Desvio Padrão	-	Conjunta	1:2.500 e 1:5.000	-
México	INEG (2009)	-	CEP ou RMSE	50% e 95%	Conjunta	Qualquer	0,3 ou 0,5mm
Portugal	IGP (2004a, 2004b, 2004c)	Deve ser Calculado	RMSE	95%	Conjunta	1:1.000, 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000	-

4 CONCLUSÕES

Como observado nas normas apresentadas, houve unanimidade entre elas no modo de uso dos indicadores estatísticos, que possuem apenas a mudança no nome propriamente dito, mas que conceitualmente se baseiam no desvio padrão.

Quase todas as normas, com exceção da australiana, optaram por realizar a avaliação que envolve simultaneamente ambas as coordenadas planimétricas, ou seja, a análise em conjunto. Isso pode provocar o inconveniente de ocultar a detecção dos erros sistemáticos em uma ou outra coordenada ou em ambas, considerando o ajuste a uma função de distribuição normal bidimensional. Esse problema pode ser sanado ao realizar a avaliação de cada uma das coordenadas planimétricas isoladamente, ou seja, considerando o conceito da função de distribuição normal unidimensional. Essa abordagem de modo isolado possibilita a detecção do erro sistemático em qualquer uma das coordenadas analisadas caso este exista. Assim, a recomendação é que se aplique o conceito de avaliação tanto das coordenadas isoladas como em conjunto para o caso da planimetria, além de se realizar a inferência do erro padrão na formulação para a detecção do erro sistemático, como já apontado em Nero e Cintra (2005).

Outra problemática se refere ao número de pontos de controle da amostra e o quanto estes são representativos para avaliar da maneira mais justa o produto cartográfico quanto à qualidade posicional. Isso deve considerar ainda o risco do produtor (rejeição de um produto bom) e o risco do usuário (aceitação de um produto ruim). Assim, é possível destacar que apenas as normas Australiana e Portuguesa definem o número de pontos de controle. No entanto, em especial, a norma portuguesa é a única que define um critério, a princípio, mais ponderado e objetivo. Esse custo da análise seja ela em gabinete ou em campo, ainda corresponde ao grande gargalo e sugere o desenvolvimento de mais pesquisas.

Outro aspecto a ser considerado é que apesar de a Cartografia, bem como a grande maioria das outras ciências estarem informatizadas, é indispensável considerar a escala como uma referência fundamental para a determinação dos parâmetros de qualidade posicional. A escala vai refletir a aplicação e o conteúdo informativo do produto cartográfico, ou seja, a sua finalidade, a qual está intimamente ligada à qualidade posicional. Por exemplo, se a aplicação é voltada para projetos de saneamento básico os critérios devem ser bem mais rigorosos, se comparados às aplicações voltadas para as de meio ambiente.

Finalmente, fica claro que a norma brasileira, apesar de ter apresentado uma grande evolução, precisa ser novamente revisada e num estudo muito mais profundo, de modo a considerar aspectos que estão ainda em aberto na presente versão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos profissionais dos vários institutos que colaboraram para o desenvolvimento desse artigo. Em especial a Harold Moellering (FIG – Federação Internacional de Geômetras), Francisco Javier Ariza Lopes (pesquisador doutor na Universidad de Jaén – Espanha) e a Jorge Pimentel Cintra (pesquisador doutor do Departamento de Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), pesquisadores externos que vem colaborando e muito com essa pesquisa. Ainda se faz agradecimento à PROPESQ, a qual financiou a bolsa de iniciação científica do aluno de graduação em Engenharia Cartográfica, primeiro autor desse artigo e envolvido nessa pesquisa no projeto de número 10012020.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Decreto nº 89.817 de 30 de março de 1983**. Normas para o controle de qualidade de documentos cartográficos. Brasília, Diário Oficial da União, 1984. Disponível em: <<http://www.concar.ibge.gov.br/detalheDocumentos.aspx?cod=8>>. Acesso em: 23/11/11.

CONCAR; EXÉRCITO BRASILEIRO – CONCAR-EB. **Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geospaciais Vetoriais**. Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. 2.ed. Brasil. 10/06/2011.

DEPARTMENT RURAL DEVELOPMENT & LAND REFORM – DRDLR. **Standard for the National Control Survey Network (Reference Frame)**. Republic of South Africa. 2010a.

DEPARTMENT RURAL DEVELOPMENT & LAND REFORM – DRDLR. **Standard for the 1: 10 000 Orthophoto Map Series**. Republic of South Africa. 2010b.

DEPARTMENT RURAL DEVELOPMENT & LAND REFORM – DRDLR. **Standard for the 1: 50 000 Orthophoto Map Series**. Republic of South Africa. 2010c.

FEDERAL GEOGRAPHIC DATA COMMITTEE – FGDC. **Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy.** United States. 1998.

GEODESY, CARTOGRAPHY, AND CADASTRE AUTHORITY OF THE SLOVAK REPUBLIC – GCCA SR. **Implementing act no. 162/1995 coll. On cadastre of real estate and on the entry of ownership and other rights (cadastre act) as amended by later legislation.** Slovak Republic. 2009.

GEOSPATIAL INFORMATION AUTHORITY OF JAPAN – GSI. **Excerpt from Regulations for basic map surveys of Japan.** Japão, 2010.

ICONTEC. **Proyecto de NTC DE-631/00: Información Geográfica - Conceptos Básicos de la Calidad de los datos.** Santafé de Bogotá (Colômbia), 2000. Disponível em: <http://codazzi4.igac.gov.co/documentos/consulta_publica/DE631-00_Calidad.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2011.

ICONTEC. **ICONTEC 0034 Documento preliminar - Parte III: Estándar Nacional para la Precisión de los Datos Espaciales - ENPDE.** Santafé de Bogotá (Colômbia), 2001. Disponível em: <<http://codazzi4.igac.gov.co/comite034/documentos/posicionamiento/parte3.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2011.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI – IGAC. **Resolución 64 de 07 de enero de 1994.** Bogotá, Colômbia. 1994.

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL. **NTG_CR04_10.2007 Norma Técnica Validación De Productos Cartográficos.** Costa Rica. 2007.

INSTITUTO GEOGRÁFICO PORTUGUÊS – IGP. **Exactidão e precisão posicionais para a cartografia nas escalas 1:1 000, 1:2 000, 1:5 000 e 1:10 000.** Portugal. 2004a.

INSTITUTO GEOGRÁFICO PORTUGUÊS – IGP. **Procedimento para os Trabalhos de Fiscalização da Execução de Ortofotomapas e Cartografia Digital à Escala 1:2.000.** Portugal. 2004b.

INSTITUTO GEOGRÁFICO PORTUGUÊS – IGP. **Procedimento para os Trabalhos de Fiscalização da Execução de Ortofotomapas e Cartografia Digital à Escala 1:10.000.** Portugal. 2004c.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA – INEG. **Modelo de Calidad de Datos Espaciales: Anexo Técnico 2 - Evaluación de la Calidad de los Datos Espaciales.** Aguascalientes, México. 2009.

INTERGOVERNMENTAL COMMITTEE ON SURVEYING & MAPPING – ICSM. **Australian Map and Spatial Horizontal Data Accuracy Standard.** Australia. 2009.

ISO - 19.113: **Geographic Information - Quality principles.** Versão 2.0. Oslo, Norway, 03 mai. 2002. 37pp.

ISO - 19.114: **Geographic Information - Quality evaluation procedures.** Versão 2.1. Oslo, Norway, 29 jan. 2003. 72pp.

ISO - 19.115: **Geographic Information - Metadata.** Versão 1.0. Oslo, Norway, 03 mai. 2002. 115 pp.

LÓPEZ, Carmen; ARIZA, Rocío. **Especificación de las Clases de Precisión Posicional de los Trabajos Topográficos en Francia.** França. 2007. Disponível em: <http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1417>. Acesso em: 08/07/11.

MPLMIC. **Positional Accuracy Handbook:Using the National Standard for Spatial Data Accuracy to measure and report geographic data quality.** Sant Paul -MN (Estados Unidos), 1999. 29p. Disponível em: <http://server.admin.state.mn.us/pdf/1999/lmic/nssda_o.pdf>. Acesso em: 20/12/2010.

NERO, Marcelo; CINTRA, Jorge. **Controle de Qualidade de Mapeamento: Visão Geral das Normas de Diversos Países.** Escola Politécnica da USP: Departamento de Engenharia de Transportes, 2005.

ORDNANCE SURVEY – OS. **MasterMap® Topography Layer User Guide and Technical Specification**. United Kingdom. 2009.

USBB. **United States National Map Accuracy Standards**. *U.S. Bureau of the Budget*, 1947. Disponível em: <<http://rockyweb.cr.usgs.gov/nmpstds/nmas647.html>>. Acesso em: 20/08/2010.