

Revista Brasileira de Cartografia (2016), Nº 68/3: 471-480
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

AVERIGUAÇÃO DA NBR 13133 JUNTO AOS PADRÕES DE EXATIDÃO CARTOGRÁFICA PARA FINS DE LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS ALTIMÉTRICOS: ESTUDO DE CASO EM ÁREA NO MUNICÍPIO DE NOVA PRATA DO IGUAÇU-PR

Investigation of the NBR 13133 together with the Cartographic Accuracy Standard for the Purpose of Elevation Surveys: Case Study Area in Nova Prata do Iguaçu-PR

Carlos Henrique Sopchaki, Juliano Sartori Langaro, Mayara Soares de Sousa & Tony Vinicius Moreira Sampaio

Universidade Federal do Paraná - UFPR

Departamento de Geografia /

Laboratório de Análises de Padrões Espaciais e Cartografia Temática – LAPE-CT

Av. Cel. Francisco H dos Santos, 100 – Centro Politécnico - Sala 204 – Edifício João José Bigarella

CEP 81531-980 - Curitiba – Paraná

(csopchaki, jslaganro, mayara.ssousa93, tony2sampaio)@gmail.com

Recebido em 23 de Junho, 2015/ Aceito em 14 de Janeiro, 2016

Received on June 23, 2015/ Accepted on January 14, 2016

RESUMO

Os levantamentos topográficos têm sido utilizados, por diversas áreas do conhecimento, para representar o relevo terrestre em escala de detalhe, através da geração de Modelos Digitais do Terreno (MDT). Os levantamentos topográficos no Brasil são normatizados por norma específica, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O objetivo deste artigo foi o de averiguar se as densidades mínimas de pontos estipuladas pela ABNT estão adequadas para a escala de levantamento desejada. Assim, foi efetuado um levantamento topográfico em uma área de cerca de 2 ha no município de Nova Prata do Iguaçu-PR contendo 605 pontos cotados e em função dele foram gerados três pares de MDT, sendo cada par constituído por modelos com mesmo n amostral, porém com diferentes arranjos amostrais. Os MDT gerados foram comparados (entre pares) e os resultados demonstraram que, para um terreno com aproximadamente 25% de declividade, a densidade mínima de pontos estabelecida pela ABNT está subdimensionada e que, mesmo modelos contendo 4 vezes a quantidade mínima de pontos estabelecida pela ABNT não se enquadrariam sequer na Classe C dos Padrões de Exatidão Cartográfica (PEC).

Palavras-chave: Topografia, Modelos Digitais do Terreno, ABNT, Pontos Cotados.

ABSTRACT

The topographic surveys have been used for several areas of knowledge, to represent the earth relief in detail scale, through the generation of Digital Terrain Models (DTM). The topographic surveys in Brazil are regulated by specific standards of the Brazilian Association of Technical Standards (ABNT). The purpose of this paper was to investigate whether the minimum densities points stipulated by ABNT are suitable for the desired scale. Therefore, it was made a topographic survey in an area of about 2 ha in Nova Prata do Iguaçu-PR containing 605 measured points and from

it were generated three pairs of DTM, each pair consisting of models with even n sample size, but with different sampling arrangements. The DTM generated were compared (between pairs) and the results showed that, on an area with an approximate slope of 25%, the minimum density of points established by ABNT is undersized and that even models containing more than 4 times the minimum quantity of points established by ABNT not even fit in Class C of Cartographic Accuracy Standards (PEC).

Keywords: Topography, Digital Terrain Models, ABNT, Measured Points.

1. INTRODUÇÃO

Trabalhos de diferentes áreas do conhecimento necessitam de modelos representativos do terreno em escala de detalhe, sendo comum o uso de levantamentos topográficos para a geração dos mesmos (PAIVA *et al.*, 2001; GOMES, 2003; CORRADINI, FACHINI e STEVAUX, 2006; MENDES JÚNIOR *et al.*, 2010 CAMARGO, 2012 e MOTA *et al.*, 2013)

Em comum, entre essas pesquisas, a necessidade de Modelos Digitais do Terreno em escala de detalhe, normalmente entre as escalas de 1:500 e 1:5.000, dependendo da finalidade do trabalho.

A questão da escala, assim como todas as demais inerentes ao levantamento topográfico no Brasil, é normatizada através da NBR 13133 – Execução de Levantamento Topográfico (ABNT, 1994), válida desde 30/06/1994.

Assim, este trabalho tem como finalidade a verificação das normas constantes na NBR 13133 (ABNT, 1994), no tocante à escalas, buscando averiguar se as densidades mínimas de pontos estipuladas pela norma estão adequadas, bem como verificar se os Modelos Digitais do Terreno baseados nessas nuvens de pontos atendem aos padrões de acurácia altimétricos estabelecidos pelo PEC (Brasil, 1984).

2. METODOLOGIA

A NBR 13133 (ABNT, 1994), que trata da execução de levantamentos topográficos no Brasil, tem como objetivo fixar condições exigíveis para a execução de tais levantamentos topográficos. A norma apresenta: documentos complementares necessários à aplicação da mesma, definições, instrumentos necessários, condições gerais e específicas dos levantamentos e questões relacionadas à inspeção, aceitação e rejeição de levantamentos topográficos.

A questão relacionada à escala está disposta no capítulo referente às condições específicas, o qual apresenta normas para le-

vantamento topográfico planimétrico, levantamento planialtimétrico cadastral, levantamento planimétrico por poligonais, nivelamento de linhas ou circuitos e seções e rede de referência cadastral municipal.

No tocante à escala de levantamentos topográficos altimétricos, a NBR 13133 estabelece em sua maior escala (1:500) que a equidistância entre as curvas de nível deva ser de 1m e define também a seguinte densidade mínima de pontos:

- terreno com declividade acima de 20%: mínimo de 45 pontos por hectare;
- terreno com declividade entre 10% e 20%: mínimo de 30 pontos por hectare;
- terreno com declividade de até 10%: mínimo de 20 pontos.

A fim de verificar se a quantidade de pontos preconizada pela norma em questão atende aos levantamentos na escala 1:500, foi realizado um levantamento topográfico, no dia 05/06/2014, em uma área de aproximadamente 2 ha no município de nova Prata do Iguazu-PR, localizado no sudoeste do estado do Paraná (Figura 1).

O levantamento foi efetuado com uma Estação Total, fabricada pela Leica Geosystems, modelo Leica FlexLine TS02, com o apoio de dois prismas circulares, modelo GPR111. Foram efetuadas 605 medições em uma área com declividade média em torno de 25%.

Todos os pontos levantados em campo foram selecionados observando-se a presença das feições mais representativas do relevo. A distribuição dos pontos objetivou caracterizar as rupturas e variações abruptas de declividade, linhas de drenagem e divisores de águas e, demais feições observadas na área de estudo que pudessem interferir na caracterização das formas e dinâmica do relevo local.

Os dados foram transferidos da estação total utilizando-se o software Leica Flex Office. Em seguida, a nuvem de pontos foi recortada no aplicativo ESRI ArcGis 10.2.2, com base em uma máscara com área de 1 ha, passando a ter

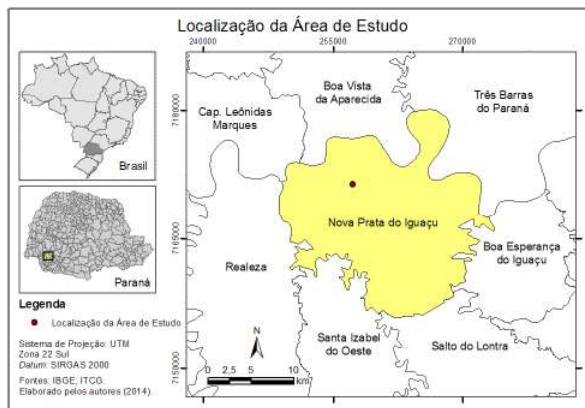


Fig. 1 – Localização da área de estudo.

389 pontos para aquela área, cerca de 8,5 vezes a quantidade de pontos mínimos necessários para levantamentos na escala 1:500, de acordo com a NBR 13133 (Figura 2).

De posse dessa nuvem contendo 389 pontos, foram gerados, no ArcGIS 10.2.2, seis arquivos distintos com pontos aleatórios, com o apoio do operador ‘aleatórioentre’ - disponível no software Microsoft Excel 2010, sendo dois arquivos com 45 pontos, dois com 90 pontos e dois com 180 pontos.

Cabe destacar, que apesar da seleção dos pontos empregar ferramenta de seleção aleatória, todos os pontos empregados na caracterização da área foram posicionados em campo observando a relevância das formas mais representativas da dinâmica local do relevo.

Portanto, do arquivo original contendo 389 pontos foram extraídos 344, 299 e 209 pontos, gerando, respectivamente, os arquivos com 45, 90 e 180 pontos.

Tal operação foi realizada com a finalidade de confrontar dois levantamentos efetuados na mesma área e com a mesma quantidade de pontos. Presume-se que, se a quantidade de pontos for a necessária para o levantamento em determinada escala, dois levantamentos efetuados com o mesmo número de pontos, numa mesma área, deverão apresentar como resultado um Modelo Digital do Terreno com bastante similaridade e com variações menores do que as aceitáveis pela escala daquele mapeamento.

De posse dos seis arquivos com 45, 90 e 180 pontos, foi gerado, no software ESRI ArcGIS 10.2.2, um Modelo Digital do Terreno, com pixel de 1m, para cada arquivo, utilizando a ferramenta ‘Geostatistical Wizard’.

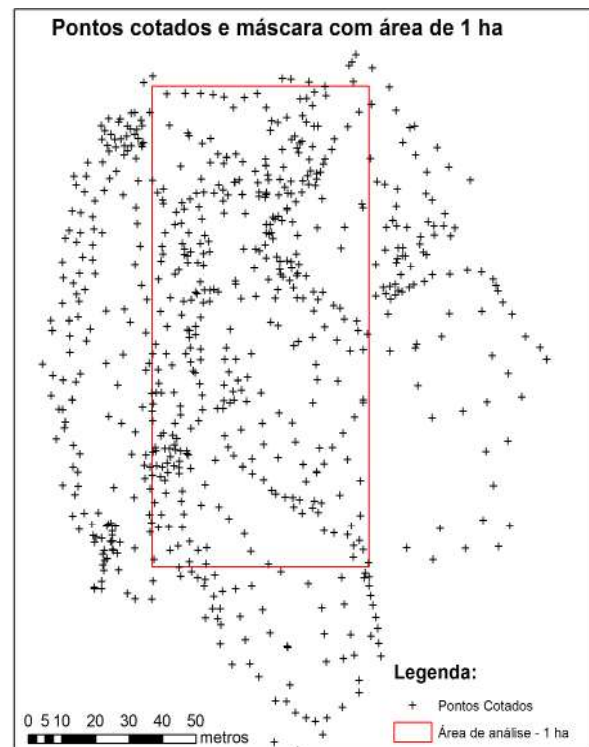


Fig. 2 - Pontos cotados e máscara com área de 1 ha.

As análises relacionais entre cada par de Modelo Digital do Terreno (modelos gerados com a mesma quantidade de pontos) foram efetuadas com o auxílio da matriz de confusão, índice de exatidão global, índice Kappa, índice Kappa discretizado e por álgebra de mapas.

A matriz de confusão, o índice de exatidão global, o índice Kappa e os índices Kappa discretizados foram gerados no software QGIS 2.4 – Chugiak, utilizando a extensão de comandos do software GRASS GIS 6.4.3, utilizando a ferramenta ‘r.kappa’.

Com relação à matriz de confusão, Campbell (2002) afirma que a mesma permite identificar além do erro global da classificação, o erro para cada categoria, bem como inferir como se deram as confusões entre as categorias.

De acordo com Story e Cognalton (1986), a matriz de confusão refere-se a um conjunto de números ordenados matricialmente, onde as linhas correspondem aos dados de referência, e as colunas correspondem aos resultados obtidos na classificação que está sob análise. Os autores afirmam ainda que na diagonal principal estão expostos os pontos concordantes entre as classificações.

Hangouët (2006) afirma que a matriz de confusão é chamada também de matriz de erro

de classificação e que dela podem ser extraídos outros indicadores, tais como índice de exatidão global, índice Kappa e índice Kappa discretizado. Cabe destacar que, nesta pesquisa, a matriz de confusão será utilizada para se chegar aos demais parâmetros elencados anteriormente.

O índice de exatidão global é calculado em função da razão entre os pontos concordantes (diagonal principal da matriz de confusão) e o total de pontos da classificação.

Rovedder (2007) afirma que o índice de exatidão global superestima a confiabilidade da classificação, pois leva em consideração somente os pontos classificados em classes concordantes. A autora considera que uma avaliação mais adequada seja feita baseada no índice Kappa, pois o mesmo incorpora também a informação dos pixels mal classificados.

Conforme Hangouët (2006), o índice Kappa expressa um grau de certeza global da classificação, podendo também ser gerado para verificar a qualidade da classificação para cada classe. Congalton e Green (1999) afirmam que o índice Kappa baseia-se na diferença entre a concordância observada e a chance de concordância de dados de referência serem classificados corretamente em suas respectivas classes.

Por fim, conforme exposto anteriormente, foram efetuadas também nesta pesquisa operações envolvendo álgebras de mapas. Tais procedimentos consistiram na subtração de um MDT pelo outro (ambos gerados com base na mesma quantidade de pontos) a fim de espacializar as diferenças altimétricas. O processo foi executado com o auxílio do software ArcGIS 10.2.2, utilizando a ferramenta 'Raster Calculator' da extensão 'Spatial Analyst', juntamente com o operador 'Abs', a fim de que o resultado fosse gerado em números absolutos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados serão apresentados considerando inicialmente a matriz de confusão e a análise dos índices de exatidão Global e Kappa. Na sequência serão apresentados os resultados relativos à álgebra de mapas, os quais evidenciam as divergências efetivas, em metros, entre os modelos.

A análise dos Modelos Digitais do Terreno, gerados com nuvens com 45 pontos, mostrou que o índice de exatidão global foi de apenas 0,31, ou seja, a classificação de quase 70% da área mapeada divergiu entre os dois MDTs. O índice Kappa, com valor global de 0,29, ressalta ainda mais a discrepância entre os dois modelos. O índice Kappa para cada classe demonstra que apenas quatro classes ficaram com índice superior a 0,5, quatro classes ficaram com índices entre 0,4 e 0,5 e as demais ficaram com índices inferiores a 0,3 (Figura 3).

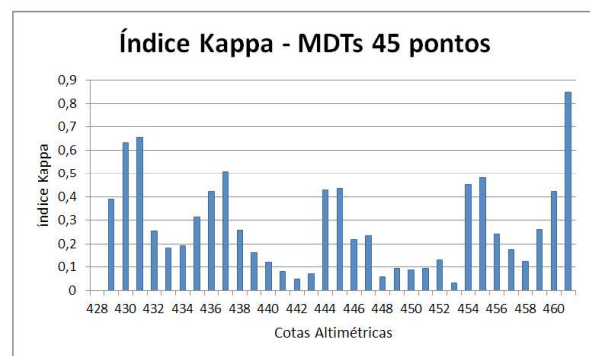


Fig. 3 – Índice Kappa para cada classe – MDTs 45 pontos.

Com relação aos modelos gerados com nuvens contendo 90 pontos cada, o índice Kappa foi de 0,48 e o índice de exatidão global obtido foi de 0,50, portanto, cerca de 50% da área mapeada divergiu entre os dois MDTs. O índice Kappa para cada classe demonstra que três classes obtiveram índices acima de 0,7 e, no outro extremo, quatro classes ficaram com índices inferiores a 0,3, enquanto as demais classes obtiveram índices variando entre 0,3 e 0,7 (Figura 4).

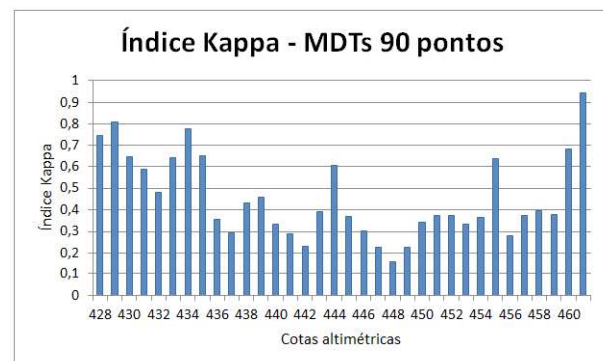


Fig. 4 – Índice Kappa para cada classe – MDTs 90 pontos.

Para os modelos gerados com base em 180 pontos, o índice Kappa foi de 0,55 e o índice de exatidão global foi de 0,57. Com relação ao índice Kappa para cada classe, duas classes obtiveram índices superiores a 0,9, quatro tiveram índices variando entre 0,7 e 0,9 e somente duas tiveram índices inferiores a 0,3, as demais obtiveram índices variando entre 0,3 e 0,7 (Figura 5).

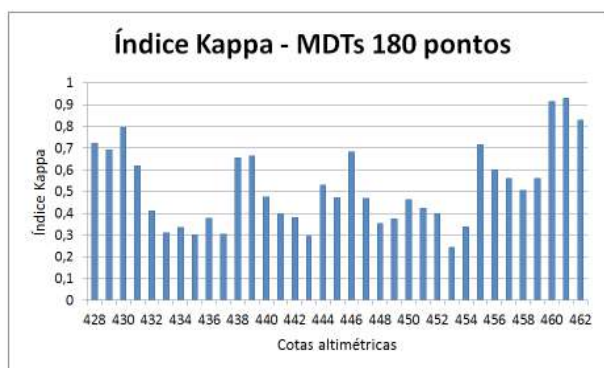


Fig. 5 – Índice Kappa para cada classe – MDTs 180 pontos.

A análise dos índices Kappa discretizados (figuras 3, 4 e 5) mostra também que não há um padrão para poder inferir em qual posição da vertente se concentram os erros e acertos, pois os índices variam ao longo de todas as cotas altimétricas, nos três modelos.

O índice de exatidão global e o índice Kappa mostram que as classificações divergiram, no entanto, não mensuram quais os valores absolutos das divergências. O índice Kappa para cada classe (figuras. 3, 4 e 5) demonstra o percentual de erro em cada classe, ou seja, quantos pixels daquela classe foram classificados equivocadamente, no entanto, assim como os anteriores, também não mensuram quais os valores absolutos das divergências.

As divergências podem ser percebidas, com um pouco mais de clareza, conforme exposto nas figuras 6 (MDTs 45 pontos), 7 (MDTs 90 pontos) e 8 (MDTs 180 pontos), que demonstram a distribuição dos pontos para a geração dos MDT's, os dois MDT's gerados e diferenças altimétricas entre eles.

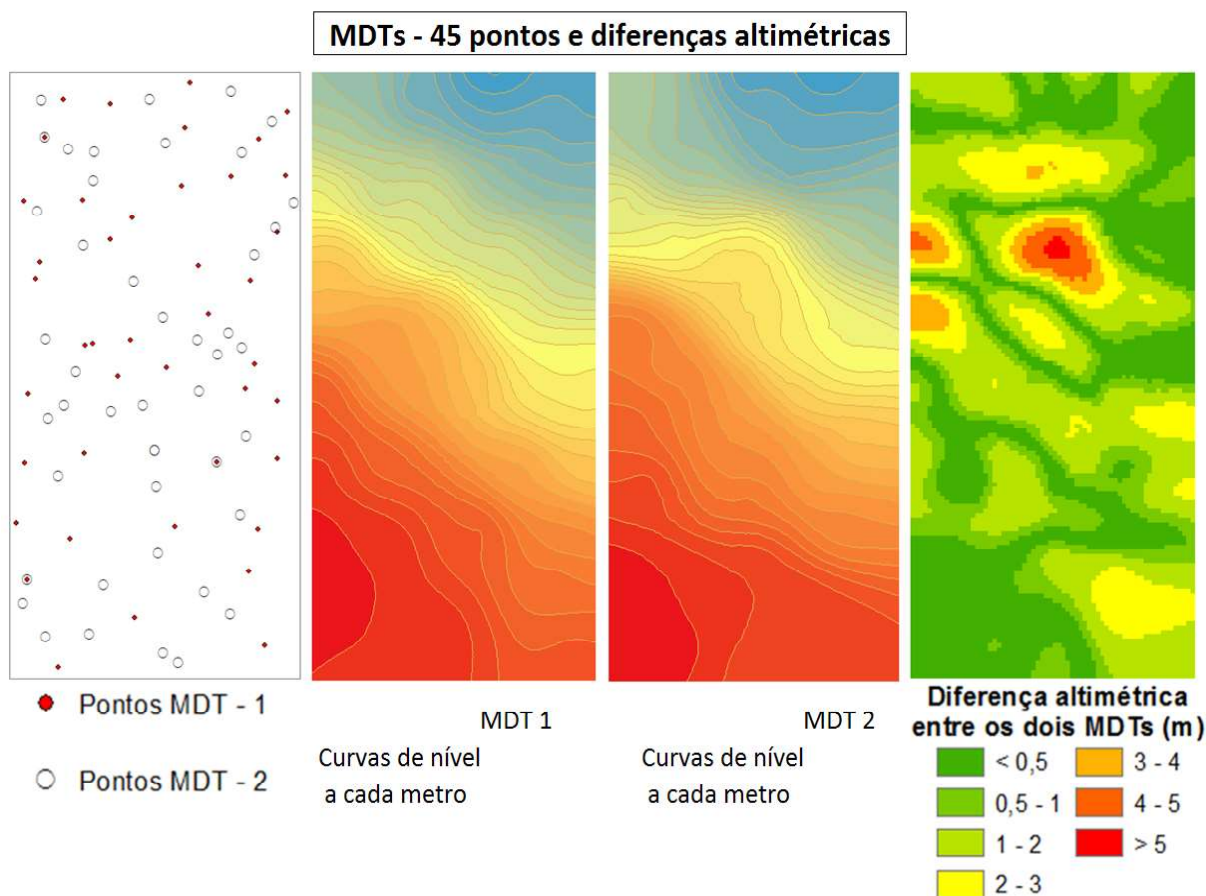


Fig. 6 – MDTs 45 pontos e diferenças altimétricas.

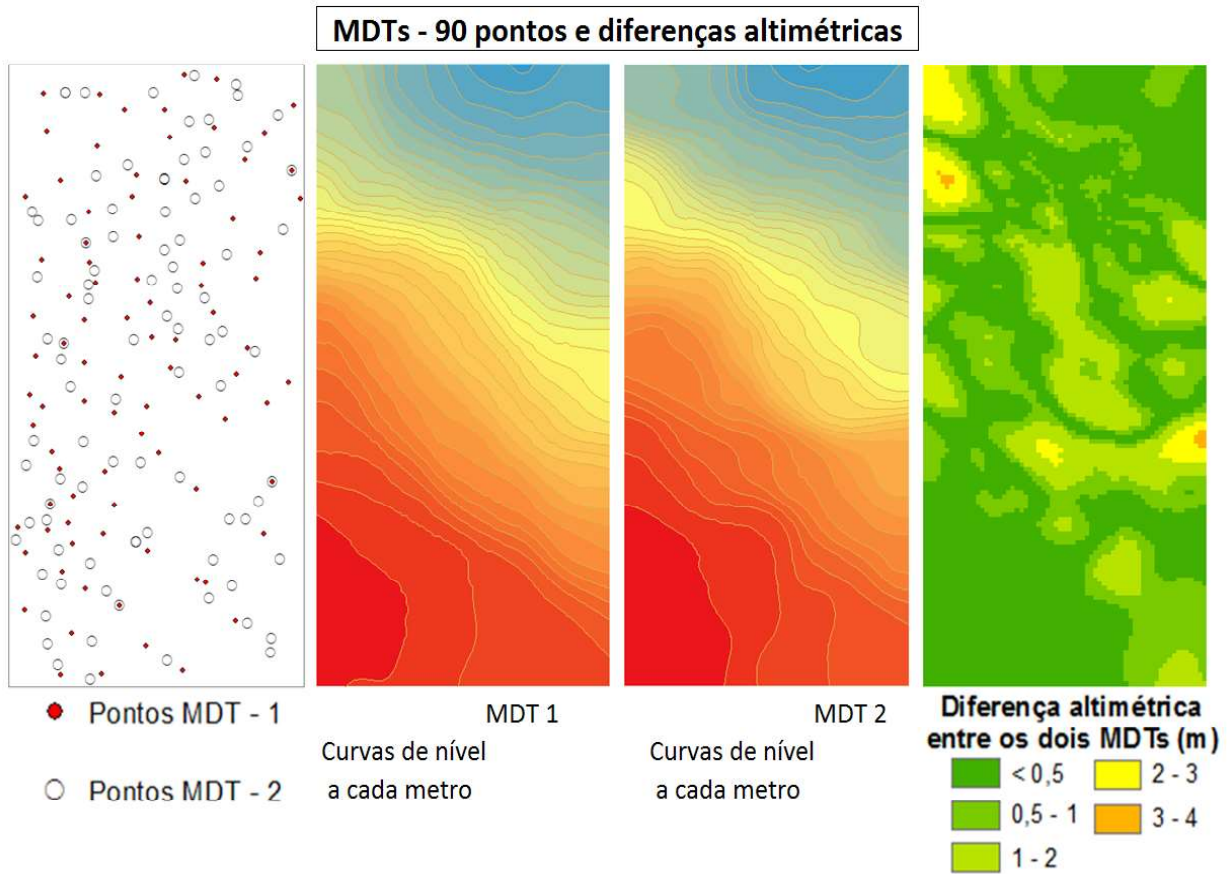


Fig. 7 – MDTs 90 pontos e diferenças altimétricas.

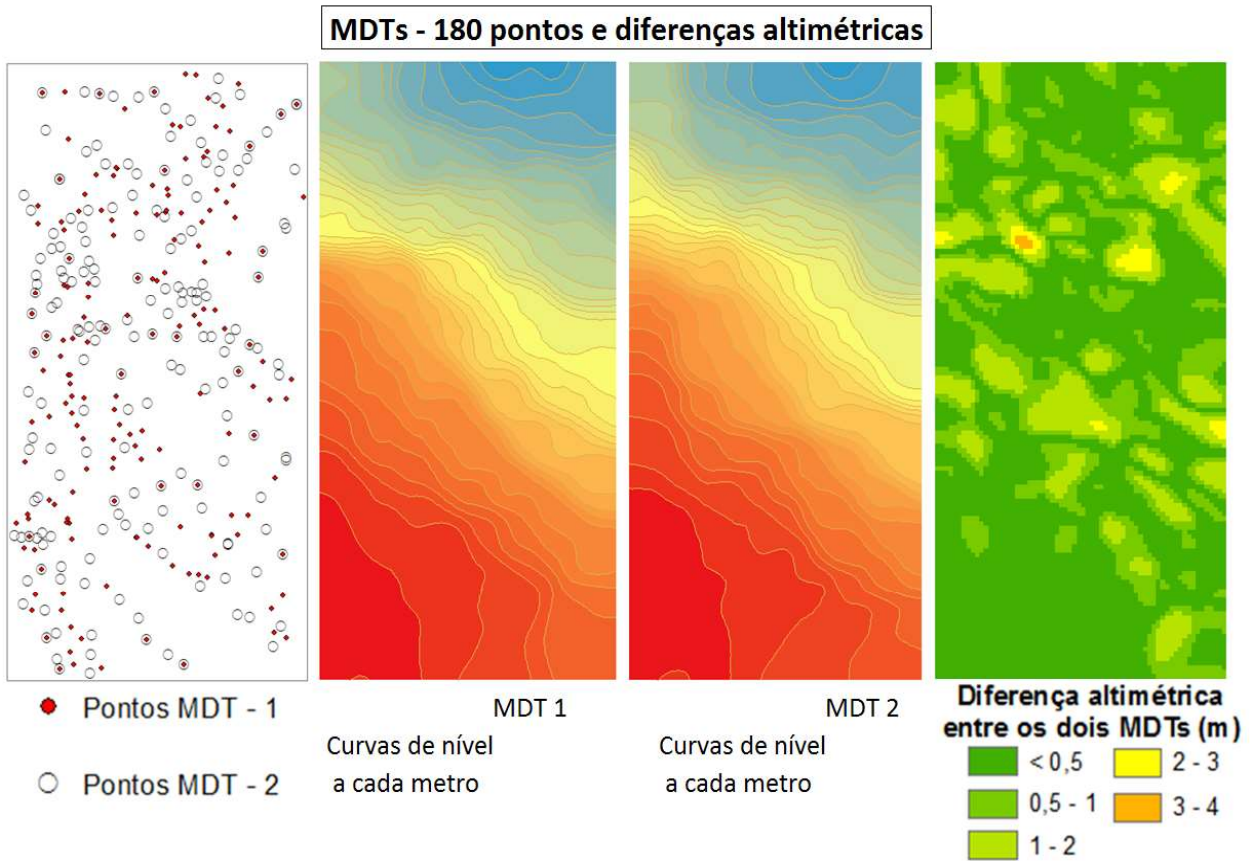


Fig. 8 – MDTs 180 pontos e diferenças altimétricas.

Verifica-se, portanto, que os MDTs gerados para a mesma área, com base em 45 pontos, apresentam divergências entre si, que em algumas regiões superam os 5m de altimetria (Figura 6), enquanto que nos MDTs baseados em 90 (Figura 7) e 180 (Figura 8) pontos, as diferenças chegam ao máximo até 4m.

A Figura 9, a seguir, apresenta as diferenças altimétricas entre os modelos, sob a forma de percentual de pixels mapeados em cada classe. No que se refere aos modelos gerados com base em 45 pontos, cerca de 33% dos pixels apresentam diferenças altimétricas menores do que 0,5 m, 20% apresentam diferenças entre 0,5 m e 1 m, 31% apresentam diferenças entre 1 m e 2 m, 11% dos pixels apresentam diferenças entre 2 m e 3 m, 3% apresentam diferenças entre 3 m e 4 m, 1,5% apresentam diferenças entre 4 m e 5 m e 0,3% apresentam diferenças maiores do que 5 m. Portanto, houve divergência superior a 0,5 m em cerca de 67% da área classificada.

Com relação aos modelos baseados em 90 pontos, cerca de 53% dos pixels apresentaram divergências altimétricas inferiores a 0,5 m, 27% diferenças variando entre 0,5 m e 1 m, 17% apresentaram diferenças variando entre 1 m e 2 m, 3 % apresentaram diferenças variando entre 2 m e 3 m e somente cerca de 0,2% tiveram como resultado diferenças superiores a 3 m.

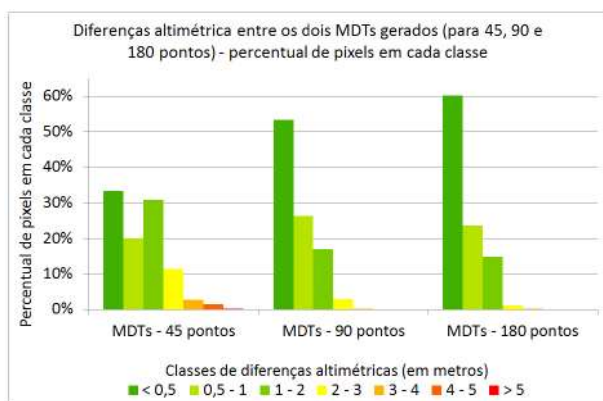


Fig. 9 – Diferenças altimétricas entre os MDTs de 45, 90 e 180 pontos.

Os modelos gerados em função das nuvens contendo 180 pontos obtiveram o seguinte resultado: cerca de 60 % dos pixels com diferenças inferiores a 0,5 m, 24% com diferenças variando entre 0,5 m e 1 m, 15% com

diferenças entre 1 m e 2 m, 1% com diferenças entre 2 m e 3 m e somente 0,2% com diferenças superiores a 3 m.

Cabe destacar que, na classe das diferenças inferiores a 0,5 m há, nos três mapeamentos, valores tendendo a zero, no entanto a comparação ficaria inviável caso não fosse efetuada uma discretização, posto que dificilmente se encontram dois ou mais pixels com o mesmo valor altimétrico em áreas não planas.

Com relação aos padrões de exatidão dos modelos, embora o Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984 (que estabelece as instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional, bem como Padrões de Exatidão Cartográfica - PEC) não faça referência a produtos oriundos da cartografia digital, por ter sido redigido em meados da década de 1980, este decreto é, atualmente, o único referencial legal no que se refere à exatidão cartográfica no Brasil.

De acordo com o PEC, o erro altimétrico admitido para cartas classe A é de 1/2 do valor da equidistância entre as curvas de nível, para cartas classe B é de 3/5 da equidistância entre as curvas de nível e para a classe C é de 3/4 da equidistância entre as curvas de nível.

Sabe-se que o Decreto ainda estabelece que 90% dos pontos isolados de altitude, quando testados no terreno, não deverão apresentar erro superior ao PEC altimétrico estabelecido. Porém, como o intuito desse artigo é o de comparar dois levantamentos distintos (mesmo n amostral com diferentes arranjos amostrais) entre si, a verificação para possível enquadramento junto à PEC foi feita pixel a pixel.

Conforme exposto anteriormente, a NBR 13133 estabelece que a equidistância entre as curvas de nível, para levantamento topográfico altimétrico na escala 1:500, deva ser de 1 m.

Assim, o Padrão de Exatidão Cartográfico Altimétrico estabelecido para a Classe C corresponderia a 0,75 m (3/4 da equidistância entre as curvas de nível), para a Classe B corresponderia a 0,6 m (3/5 da equidistância entre as curvas de nível) e para a Classe A seria de 0,5 m (1/2 da equidistância entre as curvas de nível).

Os modelos baseados em nuvens de 45 pontos apresentaram divergências superiores à 1 m em cerca de 50% da área mapeada, enquanto que os modelos baseados em 90 pontos

apresentaram divergências superiores à 1 m em 20% da área mapeada e, os modelos gerados com base em nuvens de 180 pontos apresentaram divergências superiores à 1 m em cerca de 16% da área mapeada.

Chega-se à conclusão de que, devido às diferenças altimétricas apresentadas entre os modelos gerados, nenhum dos três levantamentos atenderia aos Padrões Cartográficos da Classe C para a escala proposta pelo levantamento (1:500) e, como a NBR 13133 determina que para levantamentos na escala de 1:1000 a equidistância entre as curvas de nível deva ser também de 1 m, os levantamentos também não atenderiam sequer aos padrões da classe C para essa escala, embora a norma estipule uma densidade de pontos ainda menor, de 32 pontos por hectare.

A equidistância entre as curvas de nível estipulada pela NBR 13133 para levantamentos altimétricos na escala 1:5000 é de 5 m. Nesta situação, ao se analisar as diferenças altimétricas entre os modelos, infere-se que todos os levantamentos atenderiam aos padrões da Classe C e que os levantamentos efetuados com base em 90 e 180 pontos atenderiam também aos padrões para se enquadrarem na Classe B, para esta escala. Porém, a densidade de pontos mínima estipulada pela norma para a escala de 1:5000 é de apenas 4 pontos por hectare, ou seja, cerca de 22 vezes menor do que a quantidade de pontos do menor levantamento (90 pontos) que atenderia aos padrões da Classe B para esta escala.

Portanto, a partir dos resultados expostos anteriormente (índices de exatidão globais, índices Kappa globais, índices Kappa discretizados e diferenças altimétricas entre os MDTs gerados), conclui-se que os padrões estipulados pela NBR 13133, no que diz respeito à densidade mínima de pontos e definição de escala para levantamentos altimétricos, podem levar a modelos que não representam a superfície terrestre adequadamente para a escala em que são construídos.

4. CONCLUSÃO

Os modelos digitais de representação do relevo terrestre, baseados em pontos cotados por levantamento topográfico altimétrico, sofrem influência direta da densidade de pontos. No Brasil, essa relação entre densidade de pontos mínima e a escala do levantamento é

regulamentada pela NBR 13133 (ABNT, 1994).

Esta pesquisa demonstrou que a densidade de pontos estabelecida por esta norma pode estar subestimada. Para uma área de 1 ha, com declividade acima de 20%, a norma prevê 45 pontos, como densidade mínima.

Espera-se, portanto, que dois ou mais levantamentos em uma mesma área com essas características e, com a mesma quantidade de pontos, gerem como resultado MDTs bastante similares e com variações menores do que as aceitáveis para a escala do mapeamento em questão.

Contudo, dois levantamentos efetuados em uma área com essas características geraram MDTs, que ao serem comparados, obtiveram índice de exatidão global de apenas 0,31 e diferenças altimétricas que chegaram a superar os 5 m.

Foram efetuadas ainda, mais duas comparações entre MDTs gerados sob a mesma quantidade de pontos, sendo dois com o dobro e dois com o quádruplo de pontos mínimos estabelecidos pela norma, respectivamente 90 e 180 pontos.

Estes resultados mostram que, mesmo com esse acréscimo de pontos, os modelos gerados ainda podem estar fora da escala proposta, enquadrando-se somente em padrões de classe B ou C de escalas menores, para as quais a quantidade de pontos estipulada pela NBR 13133 seria até 22 vezes menor do que a do levantamento em análise.

Cabe destacar que a densidade mínima de pontos deve estar adequada para que, de fato, os levantamentos topográficos altimétricos estejam inseridos na escala desejada e que, se essa densidade estiver subdimensionada, implica também em subjetividade na etapa do levantamento.

A respeito do nível de subjetividade inerente à densidade de pontos subdimensionada, ressalta-se que dois diferentes profissionais, ou um mesmo profissional indo duas vezes a campo, dificilmente conseguiriam realizar um levantamento topográfico altimétrico idêntico numa mesma área. Incongruências referentes a níveis de subjetividade metodológica são discutidas por Young (1971), Sampaio e Augustin (2008) e por Sopchaki (2012).

A partir do momento em que modelos digitais de representação do relevo são utilizados em trabalhos que demandam bases cartográficas em escalas de detalhe (tais como análise de risco ambiental, geotecnia, geofísica, pedologia, geomorfologia, entre outras) e que tais modelos não estão de fato representando o relevo na escala esperada pelo pesquisador, os erros começam a se multiplicar, posto que, além da altimetria, conforme já observado por Fernandes e Menezes (2005), começam a ser derivados outros atributos topográficos, primários e secundários, tais como declividade, curvaturas, orientação e modelagem de fluxo.

Portanto, recomenda-se que sejam elaboradas pesquisas com a finalidade de verificar quais densidades mínimas de pontos seriam necessárias para cada tipo de relevo, visando com isso, uma readequação das normas vigentes e a garantia de qualidade dos produtos gerados com base em levantamentos topográficos altimétricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13133: Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro, 1994. 35p.
- BRASIL. **Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984**. Estabelece as instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 jun 1984.
- CAMARGO, A. A. B. de. **Avaliação e quantificação da contribuição de uma voçoroca para o assoreamento do Ribeirão das Cruzes, tributário da Represa de Três Irmãos, SP**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2012. 128p.
- CAMPBELL, J. B. **Introduction to remote sensing**. New York: The Guilford Press, 2002. 667p.
- CONGALTON, R; GREEN, K **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices**. Lewis Publishers, 1999. 179p.
- CORRADINI, F. A.; FACHINI, M. G.; STEVAUX, J. C. Controle geomorfológico da distribuição da vegetação ripária do rio Paraná: Parte I – Unidades Geomórficas da planície de inundação. **Revista UnG – Geociências** V.5, N.1, 2006. p. 13-21.
- FERNANDES, M. C.; MENEZES, P. M. L. Comparação entre métodos para geração de MDE para a obtenção de observações em superfície real no maciço da Tijuca-RJ. **Revista Brasileira de Cartografia**. N 57/02, 2015. p. 154-161.
- GOMES, M. J. da S. **Utilização de métodos geofísicos em sambaquis fluviais, região do Vale do Ribeira de Iguape - SP/PR**. 2003. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. 135p.
- HANGOUËT, J. F. Spatial Data Quality Assessment and Documentation. In: DEVILLERS, R.; JEANSOULIN, R. (Eds.) **Fundamentals of spatial data quality**. ISTE: London, 2006. p. 211-236.
- MENDES JÚNIOR, *et al.* Elaboração de um mapa topográfico na escala 1:5.000 para a península Keller, ilha Rei George, Antártica. **Revista Brasileira de Cartografia**. N 62/03, 2010. p. 453-466.
- MOTA, A. de A. *et al.* Efeito da escala na obtenção de parâmetros morfométricos em pequena bacia experimental. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Bento Gonçalves, 2013. 8p.
- PAIVA, E. M. C. D. de; PAIVA, J. B. D. de; MOREIRA, A. P.; MAFFINI, G. F.; MELLER, A.; DILL, P. R. J. Evolução de processo erosivo acelerado em trecho do Arroio Vacacaí Mirim. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Volume 6, n.2, Abr/Jun 2001. p. 129-135.
- ROVEDDER, J. **Validação da classificação orientada a objetos em imagens de satélite Ikonos II e elaboração de indicadores ambientais georreferenciados no município de Torres, Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, UFRGS. Porto Alegre: 2007. 93p.

- SAMPAIO, T.V.M.; AUGUSTIN, C.H.R.R. Análise das incongruências dos índices de dissecação e rugosidade. **Anais do VII Encontro Nacional de Geomorfologia**. Belo Horizonte, 2008. V.1. 14p.
- SOPCHAKI, C. H. **Análise comparativa de metodologias para o mapeamento de formas de vertente: estudo de caso nas Bacias do Rio Marumbi e do Arroio do Corvo - PR**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Curitiba, 2012. 91p.
- STORY, M.; CONGALTON, R. Accuracy assessment: a user's perspective. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. Bethesda, v. 52, n. 3, p. 397-399, 1986. p. 397-399
- YOUNG, A. Slope profile analysis: the system of best units. In: BRUNDSSEN, D. **Slopes form and process**. London: Institute of British Geographers, 1971. p. 1-14.