



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”
Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA POSICIONAL PLANIMÉTRICA DOS BASEMAPS GOOGLE ROAD, ESRI STANDARD, BING MAP E OPENSTREETMAP

MARCONI MARTINS CUNHA¹, AFONSO DE PAULA DOS SANTOS², ISAAC ANTUNES MIRANDA JUNIOR³, LÍGIA DA SILVA BARBOSA⁴

RESUMO

As informações cartográficas passaram a ser parte do cotidiano da sociedade, sendo algumas delas disponibilizadas gratuitamente para uso, como os *basemaps* do Google Road, ESRI Standard, Bing Map e OpenStreetMap. Diante disso, tem-se aumentado a preocupação com a qualidade posicional dos dados, para evitar as consequências que um produto de má qualidade pode causar. Sendo assim, este trabalho buscou avaliar a acurácia posicional planimétrica dos *basemaps* citados, utilizando feições lineares através do método *Buffer Duplo* em uma área do município de Viçosa, MG, adotando as tolerâncias do Decreto nº 89.817 aliado à ET-CQDG. Os *basemaps* OpenStreetMap e Bing Map foram enquadrados na classe C da escala 1:10.000, já o Google Road e ESRI Standard classificaram na escala 1:15.000 na classe C.

Palavras-chave: Controle de Qualidade Cartográfica. Feições Lineares. Basemaps.

1 INTRODUÇÃO

A evolução tecnológica e a popularização dos *smartphones* e da *internet* incorporam uma dinâmica social cada vez mais digital e, com isso, o uso da Cartografia foi inserido ao cotidiano da grande maioria da população. O simples ato de ir ao trabalho, viajar ou até mesmo solicitar um táxi ou pedir um *delivery* requer a utilização de mapas. Com o avanço tecnológico e a facilidade de acesso a este tipo de informação, aumenta-se o número de pessoas que produzem produtos cartográficos sem conhecimento adequado e/ou sem a devida preocupação com a qualidade. Desde a década de 1990 Galo e Camargo (1994) já apresentavam esta realidade, hoje, quase trinta anos após, este problema se potencializou.

Um exemplo deste cenário pode ser observado em plataformas que popularizaram o compartilhamento de informações cartográficas na *internet* (como, por exemplo, Google Earth, OpenStreetMap, etc.). Estas plataformas são amplamente utilizadas, mas a qualidade dos

¹ Universidade Federal de Viçosa, marconi.cunha@ufv.br

² Universidade Federal de Viçosa, afonso.santos@ufv.br

³ Universidade Federal de Viçosa, isaac.junior@ufv.br

⁴ Universidade Federal de Viçosa, ligia.barbosa@ufv.br



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”
Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



seus dados disponibilizados é desconhecida e/ou não informada aos usuários (ARIZA-LÓPEZ et al., 2020).

Neste sentido, o controle de qualidade cartográfica tem o objetivo de avaliar o produto cartográfico gerado mostrando as falhas e incertezas (SANTOS, 2010; SANTOS et al., 2016). A ISO 19.157 (ISO, 2013) define qualidade como sendo o grau em que um conjunto de características inerentes ao produto atende aos requisitos de uma especificação e ela prevê seis elementos de controle de qualidade cartográfica que são: Acurácia Posicional; Acurácia Temporal; Acurácia Temática; Consistência Lógica; Completude e Usabilidade. Sendo que o elemento mais utilizado e um dos mais importantes na comunidade científica é a acurácia posicional, que segundo Ariza-López (2002), investiga quão próxima a posição (localização) de um dado cartográfico está em relação à sua realidade no terreno.

A avaliação da qualidade posicional no Brasil é realizada principalmente com base no Decreto nº 89.817 de 1984 e através da ET-CQDG (Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais) da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE). Tradicionalmente o método mais utilizado para a realização dessa avaliação é o método de feição pontual. Entretanto, pelas vantagens, alguns autores recomendam a utilização do método de feição linear já existindo várias metodologias para a sua aplicação, como: método da Banda Épsilon ou Método das Áreas, Buffer Simples, Buffer Duplo, entre outros (ZANETTI et al., 2016).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade posicional, através de feições lineares, de quatro *basemaps*: OpenStreetMap, Google Road, ESRI e Bing Maps.

O OpenStreetMap é um projeto de mapeamento colaborativo onde os próprios usuários são autores das informações inseridas. O Google Road foi desenvolvido pela Google e compõe um conjunto de *basemaps*, que fornecem serviços de pesquisa e visualização de imagens de satélite e mapas gratuitamente na *web*. O Bing Maps tem função semelhante, entretanto, foi desenvolvido pela Microsoft, sendo uma concorrente direta do Google Road. O último *basemap* escolhido é da empresa ESRI, diretamente ligada a produtores cartográficos, uma vez que é especializada em soluções na área de informações geográficas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo



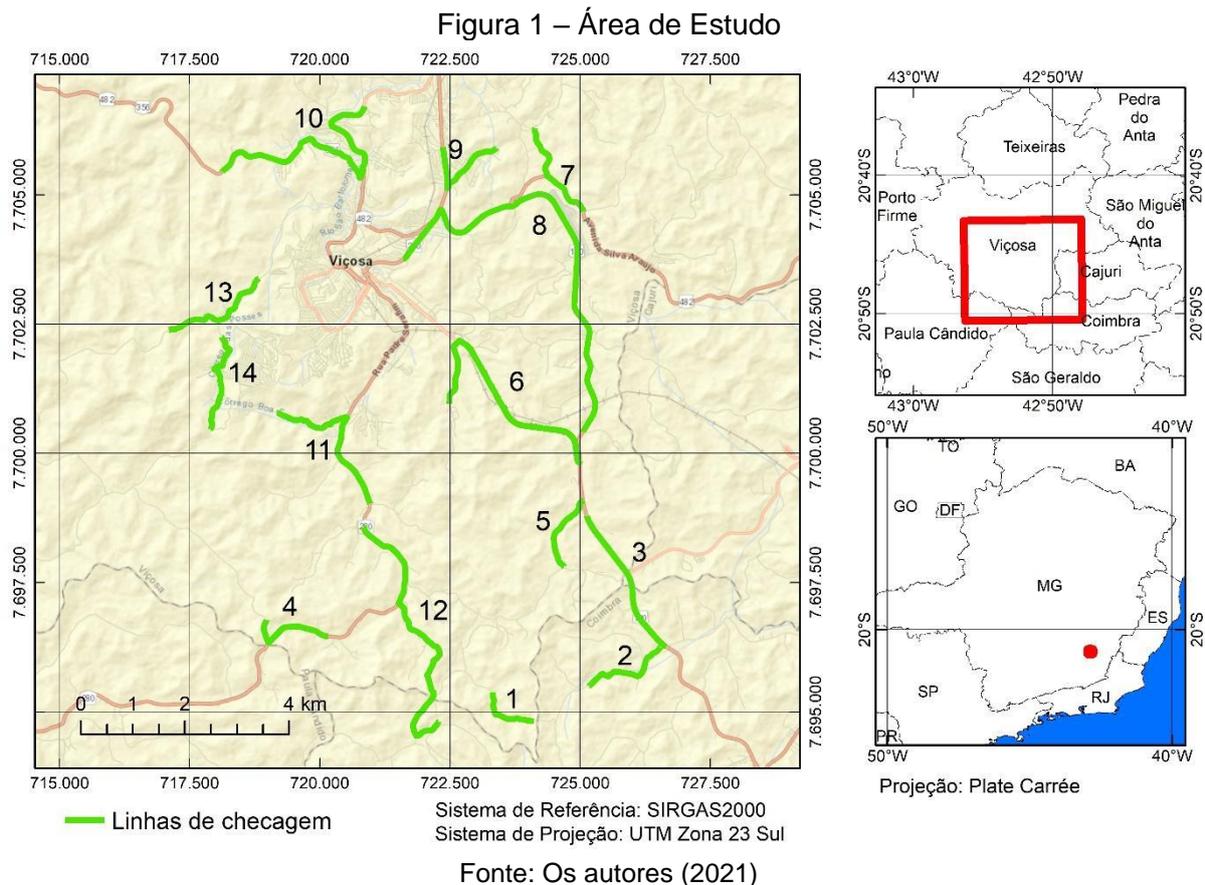
II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



A área de estudo utilizada neste trabalho, representada na Figura 1, compreende parte do município de Viçosa, na Zona da Mata, Estado de Minas Gerais. Delimitada pelas latitudes 20,73°S e 20,84°S e pelas longitudes 42,82°W e 42,92°W, esta região possui aproximadamente 110 km².



2.2 Materiais

Para a avaliação da acurácia posicional, foram utilizadas como feições de teste 14 estradas, obtidas por meio de monorestituição, sobre 4 *basemaps*: ESRI Standard, OpenStreetMap, Google Road e Bing Map. Todos estes *basemaps* estão disponíveis no *plugin* INDE (PINHEIRO et al., 2020), disponível no QGIS. Além de possuir um catálogo com 58 *basemaps*, este *plugin* possibilita também o acesso a todos os geoserviços (*Web Map Service* - WMS, *Web Feature Service* – WFS, e *Web Coverage Service* - WCS) disponíveis na Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE).

Já as feições de referência, homólogas às de teste, foram coletadas em campo por meio de receptores GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*). Estas feições foram obtidas do



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”
Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021

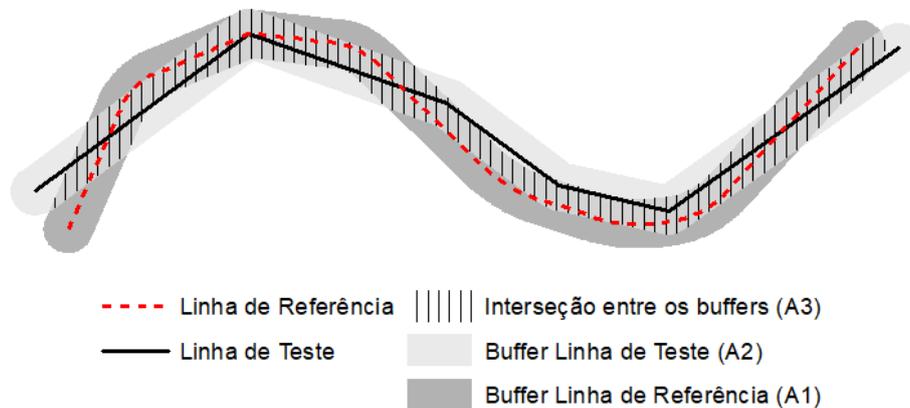


trabalho de Santos et al. (2015).

2.3 Avaliação da Acurácia Posicional utilizando Feições Lineares

A avaliação da acurácia posicional dos *basemaps* foi realizada por meio da aplicação do método do Buffer Duplo, desenvolvido por Tveite e Langaas (1999). Este método consiste em aplicar um *buffer* tanto na linha de referência quanto na linha de teste. Em seguida, é realizada a interseção entre os polígonos resultantes dos *buffers*, como apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Método do Buffer Duplo



Fonte: Adaptado de Santos et al. (2015)

No método Buffer Duplo, a discrepância (dm) para cada linha de teste i , pode ser obtida por meio da Equação (1).

$$dm_i = \pi \cdot x \cdot \frac{\sum(A1-A3)_i}{A2_i} \quad (1)$$

Nesta equação, $(A1 - A3)$ se refere à área do *buffer* da linha de referência que não faz interseção com o *buffer* da linha de teste. Já $A2$ se refere à área formada pelo *buffer* da linha teste.

O último parâmetro da Equação (1) é o valor de x , que corresponde à largura do *buffer* aplicado nas linhas de teste e de referência. Para avaliar os *basemaps* segundo o Decreto n° 89.817 e a ET-CQDG, o valor de x utilizado é dado pelo Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC) da classe e da escala testadas, como sugere Santos et al. (2015). Os valores de PEC e do Erro-Padrão (EP), medidas dadas pelo Decreto n° 89.817 (BRASIL, 1984) e atualizados



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



pela ET-ADGV (DSG, 2011) e utilizados pela ET-CQDG (DSG, 2016), estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores de PEC e EP para a planimetria.

Classes	PEC	EP
A	0,28 mm x escala	0,17 mm x escala
B	0,50 mm x escala	0,30 mm x escala
C	0,80 mm x escala	0,50 mm x escala
D	1,00 mm x escala	0,60 mm x escala

Fonte: DSG (2016)

De forma geral, para avaliar a acurácia posicional planimétrica dos 4 *basemaps* por meio do método do *Buffer Duplo* foram seguidos os seguintes passos, como sugerido por Mozas-Calvache (2007), Santos et al. (2015) e Zanetti et al. (2016):

1. Selecionar uma amostra de linhas de teste, no produto em análise. No caso deste estudo são 4 conjuntos de linhas de teste, extraídos de cada um dos *basemaps* avaliados (ESRI Standard, OpenStreetMap, Google Road e Bing Map);
2. Selecionar linhas homólogas às linhas de teste em um conjunto de referência, com maior acurácia. Neste caso, as linhas de referência foram coletadas com receptores GNSS;
3. Aplicar um *buffer* de largura x (valor do PEC para a escala e classe utilizada) em cada linha dos conjuntos de teste e de referência;
4. Calcular a área gerada pela aplicação do *buffer* em cada linha de teste (A_2);
5. Realizar a interseção entre os polígonos dos *buffers* das linhas de teste e de referência;
6. Calcular a área de não interseção entre os *buffers* das linhas de teste e de referência ($A_1 - A_3$);
7. Calcular a discrepância média para cada linha teste i (dm_i), conforme a Equação (1).

Para a utilização destes conjuntos de discrepâncias posicionais na classificação de produtos cartográficos segundo o Decreto nº 89.817 e a ET-CQDG, sugerem também o seguinte passo Santos et al. (2015):

8. Pelo menos 90% das linhas testadas devem apresentar discrepância média (dm) menor ou igual ao valor do PEC (da classe e escala utilizadas para gerar o *buffer* x), e o *Root Mean Square* (RMS) deste conjunto de discrepâncias posicionais deve ser



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021

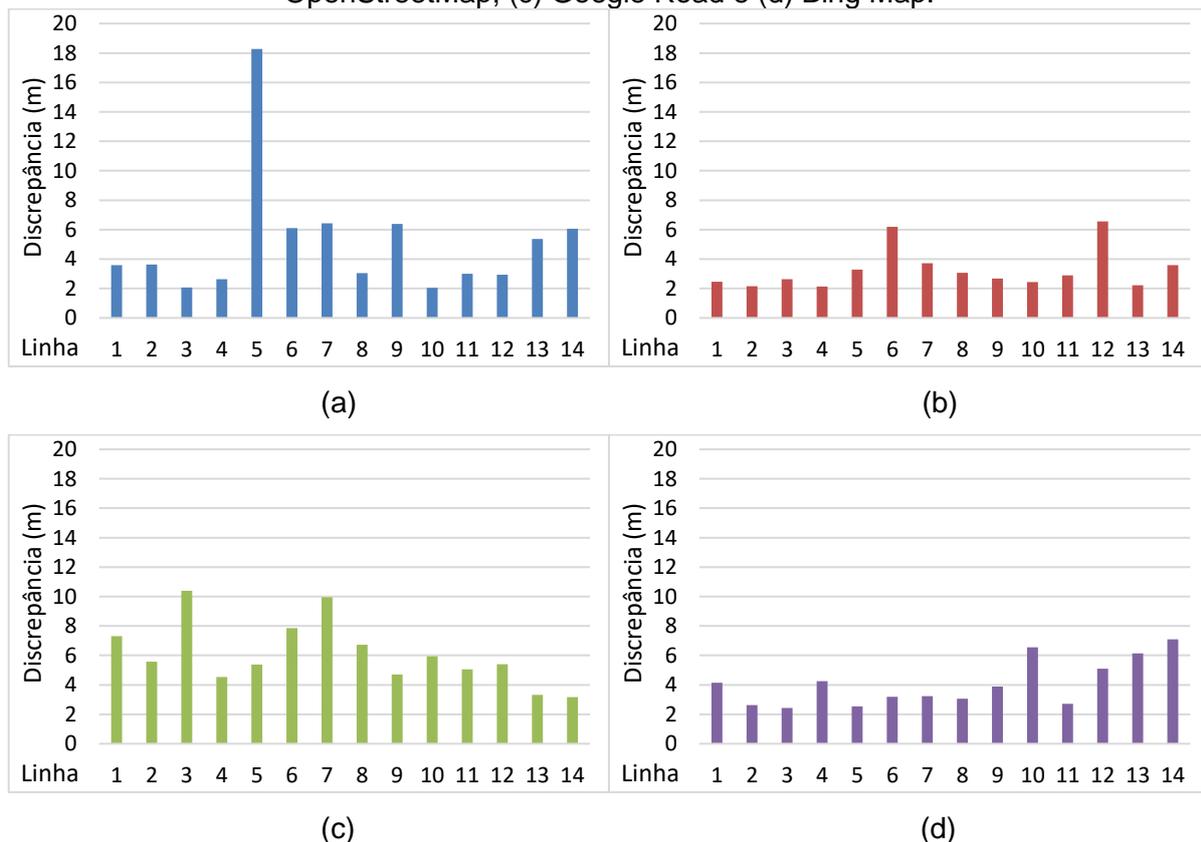


menor ou igual ao valor do EP (também para a classe e escala testadas). Se estas duas condições forem satisfeitas, o produto espacial avaliado é classificado de acordo com as referidas classe e escala. Caso não atenda alguma condição, deve-se alterar a classe ou escala de avaliação, retornando ao passo 3.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da aplicação do método do *Buffer Duplo* segundo os passos descritos, foram obtidas as discrepâncias posicionais planimétricas entre as feições de referência, levantadas em campo com receptores GNSS, e suas feições lineares homólogas de teste, identificadas nos quatro *basemaps* mencionados. A Figura 3 apresenta os gráficos destas discrepâncias.

Figura 3 - Discrepâncias posicionais planimétricas dos basemaps: (a) ESRI Standard; (b) OpenStreetMap; (c) Google Road e (d) Bing Map.



Fonte: Os autores (2021)

Para resumir estas informações foi elaborada a Tabela 2, que apresenta estatísticas básicas como a média, desvio-padrão, RMS, e valores mínimos e máximos para as



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



discrepâncias posicionais dos quatro *basemaps*.

Tabela 2 – Estatísticas básicas das discrepâncias posicionais dos *basemaps*.

Estatística	ESRI Standard	OpenStreetMap	Google Road	Bing Map
Nº de linhas	14	14	14	14
Média (m)	5,114	3,290	6,094	4,066
Mínimo (m)	2,042	2,141	3,163	2,432
Máximo (m)	18,282	6,563	10,391	7,092
Desvio-Padrão (m)	4,127	1,401	2,172	1,573
RMS (m)	6,723	3,690	6,687	4,503

Fonte: Os autores (2021)

Analisando os gráficos (Figura 3) e a tabela de estatísticas (Tabela 2), percebe-se que os *basemaps* ESRI Standard e Google Road foram os que apresentaram as maiores discrepâncias posicionais tanto em média (5,114 m e 6,094 m, respectivamente), quanto em valores absolutos (18,282 m e 10,391 m, respectivamente). Outra constatação é que, aparentemente, não há correlação espacial entre as discrepâncias obtidas entre os *basemaps*. Ou seja, a região onde há maior discrepância em um *basemap* não é a mesma da máxima discrepância de outro *basemaps*. Isso pode ser conferido pelo formato dos gráficos da Figura 3.

Com os valores de discrepâncias, RMS e os valores de PEC e EP da Tabela 1 foi possível realizar a classificação dos produtos avaliados. Inicialmente foi testada a escala de 1/10.000 para os quatro *basemaps*. Entretanto, ESRI Standard e Google Road não obtiveram classificação nessa escala, sendo enquadrados somente na escala de 1/15.000.

A avaliação dos critérios para o enquadramento dos produtos avaliados nas escalas do Decreto nº 9.817/ET-CQDG é apresentado na Tabela 3.



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



Tabela 3 - Classificação da acurácia posicional dos *basemaps*.

<i>Basemap</i>	Escala	Classe	PEC (m)	EP (m)	% $dm_i \leq PEC$	RMS $\leq EP$	Resultado
ESRI Standard	1/15.000	A	4,2	2,55	57,1	Falhou	Reprovado
		B	7,5	4,5	92,9	Falhou	Reprovado
		C	12,0	7,5	92,9	Passou	Aprovado
		D	15,0	9,0	92,9	Passou	Aprovado
OpenStreetMap	1/10.000	A	2,8	1,7	50,0	Falhou	Reprovado
		B	5,0	3,0	85,7	Falhou	Reprovado
		C	8,0	5,0	100,0	Passou	Aprovado
		D	10,0	6,0	100,0	Passou	Aprovado
Google Road	1/15.000	A	4,2	2,55	14,3	Falhou	Reprovado
		B	7,5	4,5	78,6	Falhou	Reprovado
		C	12,0	7,5	100,0	Passou	Aprovado
		D	15,0	9,0	100,0	Passou	Aprovado
Bing Map	1/10.000	A	2,8	1,7	28,6	Falhou	Reprovado
		B	5,0	3,0	71,4	Falhou	Reprovado
		C	8,0	5,0	100,0	Passou	Aprovado
		D	10,0	6,0	100,0	Passou	Aprovado

Fonte: Os autores (2021)

É interessante notar na Tabela 3 que o *basemap* ESRI Standard atendeu ao primeiro critério de possuir 90% das discrepâncias posicionais menor ou igual ao valor do PEC para a classe B, escala de 1/15.000. Entretanto, este *basemap* foi reprovado no segundo critério: possuir o valor de RMS das discrepâncias menor ou igual ao valor do EP. Como mencionado, para ser enquadrado em determinada classe, o produto avaliado deve atender os dois critérios simultaneamente.

Com base nestes valores, a Tabela 4 apresenta o resultado final da acurácia posicional planimétrica dos quatro *basemaps* utilizando o método do Buffer *Duplo*.

Tabela 4 - Classificação dos *basemaps* baseado na acurácia posicional.

<i>Basemap</i>	ESRI Standard	OpenStreetMap	Google Road	Bing Map
Classificação	Classe C	Classe C	Classe C	Classe C
Decreto nº 89.817/ET-CQDG	1/15.000	1/10.000	1/15.000	1/10.000

Fonte: Os autores (2021)

Com base nos resultados obtidos, os *basemaps* OpenStreetMap e Bing Map poderiam de alguma forma compor ou servir de base em aplicações cartográficas, na área de estudo, com escalas iguais ou menores que 1/10.000, cuja tolerância posicional seja de até 8 m. Já



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”
Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



os *basemaps* Google Road e ESRI Standard poderiam ser utilizados em trabalhos com escalas iguais ou menores que 1/15.000, em que a tolerância posicional seja de até 12 m.

4 CONCLUSÕES

Devido a ampla utilização de informações cartográficas que se encontram disponíveis para o uso de qualquer indivíduo, este trabalho buscou avaliar a acurácia posicional de quatro *basemaps* bastante conhecidos (ESRI Standard, Google Road, Bing Maps e OpenStreetMap). Essa avaliação foi feita através de feições lineares utilizando o método *Buffer Duplo*, adotando as tolerâncias do Decreto nº 89.817 aliado à ET-CQDG.

Através dos resultados alcançados, verificou-se que os *basemaps* OpenStreetMap e Bing Map foram classificados na classe C na escala 1:10.000, e os da ESRI Standard e Google Road também na classe C, porém na escala 1:15.000, demonstrando que há diferença significativa entre eles.

Ressalta-se que apesar dos resultados encontrados, a avaliação apresentada da acurácia posicional dos quatro *basemaps* é referente apenas à área de estudo deste trabalho, podendo haver diferença nos resultados para diferentes regiões, visto a heterogeneidade dos dados, além de também depender da época em que é feita a avaliação.

Percebe-se então, a extrema importância do controle de qualidade cartográfica, o qual determina a qualidade e acurácia dos dados espaciais, mostrando as discrepâncias e classificando-os. Isso torna-se importante para determinar o uso correto dos dados, onde se procura um maior nível de acerto nas tomadas de decisões.

Dessa forma, nota-se que ao utilizar qualquer produto cartográfico, bem como os disponíveis nos *basemaps*, deve-se avaliar sua qualidade antes de sua utilização, para que não corra o risco que este seja empregado em trabalhos que não correspondam à sua finalidade.

Sendo assim, para trabalhos futuros recomenda-se a avaliação desses *basemaps* e outros disponíveis no plugin da INDE para demais regiões, bem como a análise de outros elementos de qualidade além da acurácia posicional, para que se tenha um resultado mais completo.

REFERÊNCIAS

ARIZA-LÓPEZ, F. J. **Calidad en la producción cartográfica**. Madrid: Ra-Ma, 2002.



II Simpósio Regional de Agrimensura e Cartografia

“Ampliando os horizontes e discutindo o futuro da geoinformação e do cadastro territorial do Brasil”

Universidade Federal de Uberlândia – UFU / Campus Monte Carmelo
22 a 24 de novembro de 2021



ARIZA-LÓPEZ, F. J., GONZÁLEZ, P. B., PAU, J. M., TORRES, A. Z., PASCUAL, A. F. R., VERGARA, G. M., BALBOA, J. L. G. Geospatial data quality (ISO 19157-1): evolve or perish. **Revista Cartográfica**, (100), 129-154, 2020.

GALO, MAURICIO & CAMARGO, PAULO. (1994). Utilização do GPS no controle de qualidade de cartas. 10.13140/RG.2.1.1790.1603.

BRASIL. Decreto Nº 89.817 de 20 de junho de 1984. **Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional**. Brasil. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm>. Acesso em: 01 de maio de 2021. 1984.

DSG - Diretoria do Serviço Geográfico. **Especificação Técnica Para Aquisição Dados Geospaciais Vetoriais (ET-ADGV)**. Versão 2.1. Brasília, 2011.

DSG - Diretoria do Serviço Geográfico. **Especificação Técnica Para Controle de Qualidade de Dados Geospaciais (ET-CQDG)**. Brasília, 2016.

ISO. **ISO 19157: Geographic information - Data quality**. International Organization for Standardization, 2013.

MOZAS-CALVACHE, A. T. **Control de calidad posicional en cartografía por elementos lineales**. Tese (Doutorado em Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría). Jaén: Universidad de Jaén, Espanha. 249p. 2007.

PINHEIRO, Julierme Gonçalves; VIEIRA, Alen Costa; ALMEIDA, Warley Rodrigues De; BUENO; Luis Fernando. INDE: Plugin QGIS para Interoperabilidade de Dados. *In: Simpósio Brasileiro de Infraestrutura de Dados Espaciais (SBIDE), II, 2020, Rio de Janeiro, Brasil. Anais...* Rio de Janeiro: IBGE, p. 129-130. 2020.

SANTOS, A. P. **Avaliação da acurácia posicional em dados espaciais com o uso da estatística espacial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2010.

SANTOS, A. P., MEDEIROS, N. G., SANTOS, G. R., RODRIGUES, D. D. Controle de qualidade posicional em dados espaciais utilizando feições lineares. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 21, n. 2, p. 233-250, 2015.

SANTOS, A. P.; MEDEIROS, N. G.; SANTOS, G. R.; RODRIGUES, D. D. Avaliação da acurácia posicional planimétrica em modelos digitais de superfície com o uso de feições lineares. **Boletim de Ciências Geodésicas**, Curitiba, v. 22, n. 1, p.157-174, jan-mar, 2016.

TVEITE, Havard; LANGAAS, Sindre. An accuracy assessment method for geographical line data sets based on buffering, **International Journal of Geographical Information Science**, v. 13, n. 1, p. 27-47, 1999, DOI: 10.1080/136588199241445.

ZANETTI, J., PAULA, R. M.; SANTOS, A. P.; MEDEIROS, N. G. Avaliação da acurácia posicional planimétrica de ortoimagens disponibilizadas nos sistemas de informações geográficas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 7, 2016.