



Volume
13

Edição
4

*Autor(a) correspondente
nathandamas@ufpr.br

Submetido em 21 nov 2025

Aceito em 8 dez 2025

Publicado em 23 dez 2025

Como Citar?

ANTONIO, N. D. et al. Estimativa da heterogeneidade de eixos viários da plataforma OpenStreetMap por meio da determinação da sua Acurácia Posicional: um estudo preliminar no município do Rio de Janeiro – RJ. Coleção Estudos Cariocas, v. 13, n. 4, 2025. DOI: 10.71256/19847203.13.4.197.2025

O artigo foi originalmente submetido em PORTUGUÊS. As traduções para outros idiomas foram revisadas e validadas pelos autores e pela equipe editorial. No entanto, para a representação mais precisa do tema abordado, recomenda-se que os leitores consultem o artigo em seu idioma original.



Estimativa da heterogeneidade de eixos viários da plataforma OpenStreetMap por meio da determinação da sua Acurácia Posicional: um estudo preliminar no município do Rio de Janeiro – RJ

Estimation of positional accuracy heterogeneity of OpenStreetMap road networks: a preliminary study in the municipality of Rio de Janeiro - RJ

Estimación de la heterogeneidad de la precisión posicional de los ejes viales de la plataforma OpenStreetMap: un estudio preliminar en el municipio de Río de Janeiro - RJ

Nathan Damas Antonio^{1*}, Elias Nasr Naim Elias², Irving da Silva Badolato³, Silvana Philippi Camboim⁴ e Marcio Augusto Reolon Schmidt⁵

¹Universidade Federal do Paraná, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 100 - Jardim das Américas, Campus Centro Politécnico, Bloco VI, Curitiba - PR, 81530-000, ORCID: 0000-0002-1469-2867, nathandamas@ufpr.br

²Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Campus Francisco Negrão de Lima, Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã - Pavilhão João Lira Filho, Faculdade de Engenharia, Rio de Janeiro - RJ, 20550-013, ORCID: 0000-0003-2289-5055, elias.naim@eng.uerj.br

³Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Campus Francisco Negrão de Lima, Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã - Pavilhão João Lira Filho, Faculdade de Engenharia, Rio de Janeiro - RJ, 20550-013, ORCID: 0000-0002-4058-4392, irvingbadolato@eng.uerj.br

⁴Universidade Federal do Paraná, Av. Cel. Francisco H. dos Santos, 100 - Jardim das Américas, Campus Centro Politécnico, Bloco VI, Curitiba - PR, 81530-000, ORCID: 0000-0003-3557-5341, silvanacamboim@ufpr.br

⁵Universidade Federal de Uberlândia, Av. João Naves de Ávila, 2121 Campus Santa Mônica, Bloco 1Y, secretaria FECIV, Santa Mônica, 38408100 - Uberlândia, MG, ORCID: 0000-0003-2716-2360, marcio.schmidt@ufu.br

Resumo

Este artigo estima a heterogeneidade da acurácia posicional da rede viária do OpenStreetMap (OSM) no município do Rio de Janeiro, destacando implicações para análises de transportes e gestão ambiental urbana. A aplicação do Padrão de Exatidão Cartográfica em seis amostras independentes demonstrou, de forma estatisticamente significativa, que a qualidade do OSM não é homogênea, variando entre as classes B e C na escala 1:10.000. Os maiores erros posicionais, de até 9,07m, ocorreram em áreas formais consolidadas, indicando que a heterogeneidade é multifatorial e associada à defasagem temporal entre bases cartográficas, com impactos diretos em aplicações ambientais e de mobilidade.

Palavras-chave: OpenStreetMap, acurácia posicional, heterogeneidade de dados

Abstract

This article estimates the heterogeneity of positional accuracy of the OpenStreetMap (OSM) road network in the municipality of Rio de Janeiro, highlighting implications for transport analyses and urban environmental management. The application of the Brazilian Cartographic Accuracy Standard to six independent samples demonstrated, in a statistically significant manner, that OSM quality is not homogeneous, ranging between Classes B and C at the 1:10,000 scale. The largest positional errors, reaching up to 9.07m, occurred in consolidated formal areas, indicating that heterogeneity is multifactorial and associated with temporal misalignment between cartographic datasets, with direct impacts on environmental and mobility-related applications.

Keywords: OpenStreetMap, positional accuracy, data heterogeneity

Resumen

Este artículo estima la heterogeneidad de la exactitud posicional de la red vial de OpenStreetMap (OSM) en el municipio de Río de Janeiro, destacando implicaciones para análisis de transporte y gestión ambiental urbana. La aplicación del Estándar Brasileño de Exactitud Cartográfica a seis muestras independientes demostró, de manera estadísticamente significativa, que la calidad del OSM no es homogénea, variando entre las clases B y C en la escala 1:10.000. Los mayores errores posicionales, de hasta 9,07m, se observaron en áreas formales consolidadas, lo que indica que la heterogeneidad es multifactorial y está asociada a la desalineación temporal entre bases cartográficas, con impactos directos en aplicaciones ambientales y de movilidad.

Palabras clave: OpenStreetMap, precisión posicional, heterogeneidad de datos

1 Introdução

A última década testemunhou uma mudança de paradigma na geração e disseminação da informação geoespacial. Impulsionado pelo estabelecimento da web 2.0 (O'Reilly, 2007), o usuário de produtos cartográficos transcendeu seu papel de consumidor passivo para se tornar um elemento fundamental na geração de dados (Cormode; Krishnamurthy, 2008). Este fenômeno, conceituado por Goodchild (2007) como Informação Geográfica Voluntária (VGI), democratizou a produção de mapas, permitindo que indivíduos sem formação técnica especializada contribuam para o mapeamento do espaço geográfico (Ganapati, 2011).

Neste ecossistema, o OpenStreetMap (OSM) consolidou-se como o projeto de Informação Geográfica Voluntária (VGI) de maior magnitude e relevância global. Com mais de 10 milhões de usuários cadastrados e um banco de dados que ultrapassa 11 bilhões de feições (*nodes*, *ways* e *relations*)¹, o OSM oferece uma alternativa dinâmica aos produtos da cartografia de referência, tradicionalmente desenvolvidos por Agências Nacionais de Mapeamento (Kent, 2009). A principal vantagem do OSM reside na sua rápida atualização, uma característica que se revela de imensa importância em cenários como o brasileiro. Em um país onde o investimento em cartografia oficial é historicamente baixo, resultando em uma cobertura de apenas 5% do território na escala de 1:25.000 (Sluter et al., 2019), os dados VGI emergem como uma fonte promissora e, por vezes, única, para o planejamento e gestão territorial.

Contudo, a rápida adoção e a aplicabilidade destes dados em projetos que exigem confiabilidade métrica esbarram em um desafio central: a avaliação de sua qualidade. A natureza "não documentada" e descentralizada das contribuições do OSM significa que a qualidade não pode ser presumida, o que fomentou uma extensa linha de pesquisa internacional focada na sua mensuração (Elwood; Goodchild; Sui, 2012; Haklay, 2010; Girres; Touya, 2010). Tal aspecto converge com a denominação de "colcha de retalhos" trazida por Goodchild (2007), onde a qualidade dos dados VGI baseia-se na motivação dos contribuidores, quantidade de feições e período de contribuição.

A mensuração da qualidade de dados geoespaciais compõe uma das etapas do processo de produção e validação do mapeamento de referência. Para que essa avaliação seja rigorosa e comparável, ela se baseia em um conjunto de métricas e normas estabelecidas. Os indicadores para a avaliação da qualidade de dados geoespaciais são atribuídos pela ISO (International Organization for Standardization) 19157 (ISO, 2013) e são definidos por Acurácia Posicional, Acurácia Temática, Consistência Lógica, Completude e Usabilidade. No Brasil, a Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG) (Brasil, 2015) foi desenvolvida em 2015 pela Diretoria do Serviço Geográfico (DSG) e aprovada pelo exército. Nesta são definidos os critérios para a avaliação da qualidade de dados geoespaciais que são derivados da ISO 19157 (ISO, 2013), complementadas pelo Manual Técnico para Avaliação da Qualidade de Dados Geoespaciais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019).

Visto que no mapeamento de referência os dados são produzidos por profissionais e de forma homogênea, que não está associada com as premissas do VGI, uma série de pesquisas têm sido desenvolvidas ao redor do mundo no intuito de realizar análises dos parâmetros de qualidade destes tipos de dados, visando a determinação da potencialidade da sua integração em bases cartográficas de referência. Uma das primeiras análises associadas ao dado colaborativo foram desenvolvidas por Haklay (2010), em que foi avaliada a acurácia posicional e completude de dados do OSM em relação ao mapeamento de referência do Reino Unido (Ordnance Survey) e enxergou-se o potencial no uso destas informações. Na avaliação da acurácia posicional, Haklay (2010) utilizou o método de comparação de buffer e a avaliação da completude foi dada através da comparação baseada em

¹ Fonte: https://planet.openstreetmap.org/statistics/data_stats.html

grades a partir do comprimento das estradas. Neste contexto, os critérios propostos por Haklay (2010) têm orientado pesquisas internacionais voltadas à avaliação da acurácia posicional e da completude de dados geográficos. Esses princípios foram aplicados por Jasin e Hamandani (2020) no Iraque, por Ferster et al. (2019) no Canadá, por Ibrahim, Ramadan e Hefny (2019) no Egito, por Zhang e Malczewski (2018) também no Canadá e por Brovelli e Zamboni (2018) na Itália.

É válido ressaltar que foi identificado, nestes trabalhos, que os principais desafios dos dados VGI estão associados com a heterogeneidade das informações, visto que, estas diferem de acordo com a área de estudo e os elementos representados. Neste contexto, nas metodologias abordadas por Ibrahim, Darwish e Hefny (2019) e Brovelli e Zamboni (2018), as aplicações desenvolvidas levaram em consideração as características da heterogeneidade.

Embora a heterogeneidade seja uma questão amplamente discutida nas pesquisas recentes sobre dados VGI, estudos iniciais já apontavam esse desafio ao avaliar a qualidade do OSM, especialmente no que se refere à acurácia posicional e à completude. Girres e Touya (2010), ao analisarem uma área da França, identificaram significativa variabilidade espacial nos dados ao aplicar o método da distância de Hausdorff, encontrando uma média de 13,57 m e desvio padrão de 8,32 m para os segmentos lineares avaliados, o que evidenciou a dispersão e inconsistência das feições. De forma semelhante, Forghani e Delavar (2014) verificaram, em uma região do Irã, que a qualidade das vias do OSM apresentava variações substanciais quando analisada por meio de diferentes verificações geométricas, incluindo comprimento das vias, geometria mínima dos limites, centro meridiano e distribuição direcional, realizadas com base em uma malha de células. Os autores destacam que essas variações reforçam a heterogeneidade como um dos principais problemas associados aos dados do OSM.

Para além das avaliações estritamente cartográficas, a qualidade dos dados do OSM tem sido amplamente discutida no âmbito da gestão ambiental, à medida que bases OSM passaram a ser empregadas como insumo em análises de uso e cobertura da terra, modelagem ambiental, estudos de risco e planejamento urbano sustentável. Diversos trabalhos destacam que a confiabilidade de resultados ambientais baseados em OSM está diretamente associada à acurácia posicional e à completude das feições mapeadas, sobretudo em contextos urbanos complexos e desiguais (Goodchild; Li, 2012; Fonte et al., 2017; Li et al., 2020). No campo dos transportes, a representação precisa da rede viária é um elemento estruturante para análises de acessibilidade, simulações de mobilidade, avaliação de exposição a poluentes atmosféricos e modelagem de cenários de risco, o que torna a heterogeneidade da qualidade do OSM um fator crítico para aplicações ambientais baseadas em redes (Graser; Straub; Dragaschnig, 2014; Poiani et al., 2016; Lane et al., 2013).

Diante das questões apresentadas é evidente a importância de entender como o comportamento das contribuições no OSM ocorre para determinar o seu potencial de integração. Tal questão é ainda mais relevante em países do sul global, como é o caso do Brasil. Com um desafio de escala continental, apresentando 8,52 milhões de quilômetros quadrados e uma complexa população majoritariamente urbana (88%) de 212 milhões de pessoas (IBGE 2023a), o país sofre com a baixa cobertura de mapeamento em escala grande e desatualização cartográfica. Soma-se a este cenário o fato de que não são vastas as pesquisas que se debruçam especificamente sobre fornecer uma estimativa da sua heterogeneidade. Machado e Camboim (2019), por exemplo, apresentaram um estudo que trata dos desafios e potencialidades na integração de dados do OSM em relação aos de referência do município de Curitiba-PR e trouxeram como resultado um aumento das categorias de informação ao integrar as duas fontes de dados. Além disso, Teixeira e Schmidt (2023) avaliaram a acurácia posicional de eixos viários em um bairro do município de Uberlândia-MG, o que também permitiu evidenciar a potencialidade no uso destes dados na região.

O município do Rio de Janeiro oferece um laboratório ímpar para o aprofundamento das questões relacionadas com a qualidade e a heterogeneidade do OSM. A cidade não é apenas um “dado” a ser mapeado; ela é, em si, o problema central da heterogeneidade. A “cidade dual” ou “partida” não é apenas uma figura de retórica, mas uma realidade morfológica que opõe o tecido urbano formal, com alta cobertura de dados oficiais, às extensas áreas de assentamentos informais (favelas), muitas vezes invisíveis aos mapas tradicionais (Perlman, 2010; Novaes, 2014; Kalkman, 2019). Esta dualidade estrutural tem implicações práticas urgentes para a qualidade dos dados VGI (Haklay, 2010; Hecht; Kunze; Hahmann, 2013; Camboim; Bravo; Sluter, 2015). A heterogeneidade na acurácia posicional dos eixos viários do OSM afeta diretamente a eficácia de sistemas de mobilidade urbana (aplicativos de rota) (Graser; Straub; Dragaschnig, 2014; Hosseini *et al.*, 2025) e, de forma crítica, a logística de resposta a desastres (como deslizamentos e enchentes), onde a precisão de vielas e acessos em áreas informais é vital (Alcântara *et al.*, 2023; Lima; Freiman; Camboim, 2022; Poiani *et al.*, 2016). O OSM, neste contexto, pode tanto reproduzir estas desigualdades espaciais, se os voluntários mapeiam preferencialmente a “cidade formal”, quanto remediá-las, ao prover o único mapeamento detalhado existente para a “cidade informal”, sobretudo quando há iniciativas comunitárias e técnicas voltadas a favelas (Bortolini; Camboim, 2019; Herfort *et al.*, 2021; Figueiredo; Veríssimo; Franco, 2022; Hallopeau *et al.*, 2025).

Em adição a produção espontânea de dados, o OSM também incorpora ações organizadas de mapeamento comunitário com implicações diretas para estudos ambientais e de transportes. Iniciativas conduzidas pelo Humanitarian OpenStreetMap Team (HOT) têm desempenhado papel central na ampliação, no detalhamento e na correção do mapeamento viário em áreas periféricas e assentamentos informais, tradicionalmente sub-representados nas bases cartográficas oficiais. Esses mapeamentos colaborativos, frequentemente realizados por meio de campanhas direcionadas (mapatonas) e processos de validação técnica, têm se mostrado fundamentais para a melhoria da conectividade da rede viária, da representação das hierarquias de vias e da identificação de acessos locais — elementos críticos para análises de acessibilidade, planejamento de rotas, modelagem da mobilidade urbana e resposta a emergências ambientais e humanitárias (Haklay, 2010; Hagen, 2016; Poiani *et al.*, 2016; Herfort *et al.*, 2021). No contexto dos transportes, estudos indicam que dados produzidos em iniciativas do HOT elevam significativamente a completude e a confiabilidade funcional da rede viária do OSM, sobretudo em regiões do Sul Global, contribuindo para avaliações mais robustas de mobilidade urbana, logística de socorro, exposição a riscos ambientais e análises de justiça espacial (Goodchild; Li, 2012; Mobasher *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2020; Mahabir *et al.*, 2020).

Os sistemas de transporte constituem um dos vetores ambientais mais relevantes nas cidades, sendo responsáveis por aproximadamente 15% das emissões globais de gases de efeito estufa e cerca de 23% do CO₂ energético, o que corresponde a aproximadamente 8,9 GtCO₂e em 2019, com tendência de crescimento na ausência de políticas adicionais (IPCC, 2022; IEA, 2024). Esses impactos dependem fortemente da forma urbana e da conectividade da rede viária, que influenciam padrões de deslocamento, escolha modal e volumes de tráfego (Vehicle Miles Traveled – VMT) (Ewing; Cervero, 2010). No contexto do Rio de Janeiro, o tráfego rodoviário e o transporte coletivo figuram entre os principais contribuintes para a degradação da qualidade do ar urbano, especialmente em relação às concentrações de material particulado fino (PM_{2,5}), evidenciando a estreita relação entre mobilidade, ambiente e saúde urbana (C40 Cities, 2022). Nesse cenário, erros de geocodificação e deslocamentos planimétricos na representação da rede viária podem introduzir vieses significativos em análises de exposição ambiental baseadas em buffers de proximidade, reforçando que a acurácia posicional e a completude da rede OSM são condições fundamentais para modelagens ambientais robustas (Lane *et al.*, 2013; Fonte *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2020).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo central estimar a heterogeneidade dos eixos viários do OSM no Rio de Janeiro por meio da avaliação da sua acurácia posicional. Desta forma, o artigo busca não apenas quantificar a qualidade dos dados, mas também, explorar a sua aplicabilidade e potencial em questões relacionadas ao planejamento urbano e à gestão ambiental, especialmente no que se refere ao uso de redes viárias em análises de mobilidade urbana, avaliação de acessibilidade, estudos de exposição a riscos ambientais e apoio à tomada de decisão em contextos urbanos socialmente desiguais. A questão central deste artigo, portanto, é identificar se existem e quais são as diferentes relações entre as regiões com maior ou menor discrepância posicional e de que forma os erros estão distribuídos no complexo tecido urbano carioca.

Parte-se da hipótese de que a qualidade dos dados VGI é um reflexo direto da estrutura urbana desigual: a acurácia posicional será significativamente maior e mais homogênea nas áreas consolidadas da "cidade formal" apresentar-se-á degradada, instável e altamente heterogênea nas áreas de assentamentos informais, refletindo padrões distintos de contribuição e, possivelmente, de qualidade das imagens de satélite usadas como base para a digitalização. Assume-se, adicionalmente, que essa heterogeneidade possui implicações diretas para a confiabilidade de análises baseadas em redes de transporte, particularmente aquelas aplicadas à gestão ambiental urbana, à avaliação de acessibilidade e à análise de riscos em áreas socialmente vulneráveis do Rio de Janeiro.

Para atingir os objetivos e testar nossa hipótese, o artigo está estruturado da seguinte forma: a seção 2 aborda sobre a metodologia aplicada. A seção 3 apresenta e discute os resultados. Por fim, a seção 4 conclui sobre as implicações dos achados relacionados à heterogeneidade do OSM no Rio de Janeiro e aponta direções para pesquisas futuras.

2 Metodologia

A área de estudo utilizada para a realização das análises foi o município do Rio de Janeiro-RJ. Segundo dados do Censo Demográfico do IBGE, a população residente do município era de 6.211.223 habitantes (IBGE, 2022a) e área de 1.200,330 quilômetros quadrados (IBGE, 2022b). As feições utilizadas como referência corresponderam à cartografia oficial produzida pelo Instituto Pereira Passos (IPP), responsável pela gestão e disponibilização do mapeamento de referência do município. Seu acervo conta com mapas nas escalas de 1:2.000, 1:5.000 e 1:10.000 (IPP, 2025). Dessa forma, foram extraídos os arquivos vetoriais que compõem os eixos viários, produzidos no ano de 2013, atualizados via ortoimagens no ano de 2019, e publicados no ano de 2021, na Escala de 1:2.000 (IPP, 2021). A Figura 1 mostra o mapa de localização do município do Rio de Janeiro-RJ.

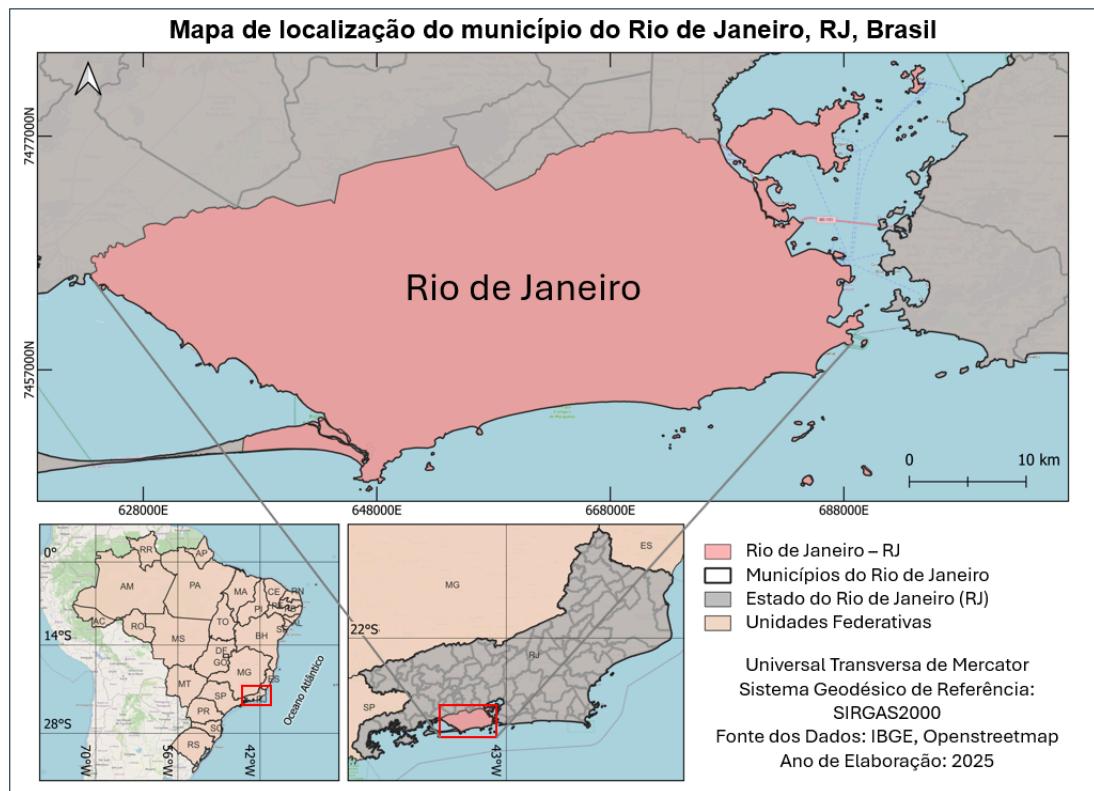


Figura 1: Mapa de Localização do Rio de Janeiro

Fonte: Os Autores (2025)

Para proceder com a aquisição das feições do OSM, inicialmente foi importante compreender como ocorrem as contribuições e a forma como elas são armazenadas. Neste contexto, uma determinada categoria de feições é caracterizada por uma etiqueta (*tag*) que é atribuída por uma chave (*key*) e um valor (*value*). Além disso, o OSM conta com uma plataforma de documentação denominada *WikiOSM*, caracterizada por um repositório colaborativo que descreve e padroniza o uso das tags a partir das suas primitivas geométricas de pontos, linhas e polígonos, além de descrever ferramentas, complementos e instruções a serem empregados no processo de edição (OpenStreetMap Wiki, 2025). As contribuições no OSM ocorrem por meio dos seus editores oficiais. O *iD Editor* é a ferramenta online disponível diretamente no site do OSM², a partir de uma interface simples, na qual o usuário realiza o seu cadastro e inicia as edições. Pode ser utilizado o *JOSM*, que se trata de um editor mais avançado, na qual as edições ocorrem a partir de um *software* que permite realizar mapeamentos específicos e complexos, processos de validação e importação de dados. (OpenStreetMap Wiki, 2025; JOSM, 2025).

No caso dos eixos viários (foco deste estudo), a *tag* utilizada correspondeu à *key highway* e os *values* foram caracterizados conforme a classificação que corresponde às vias terrestres. A Tabela 1 exemplifica uma tag com a *key highway* e *value motorway*.

² www.openstreetmap.org

Tabela 1: Caracterização da tag de key *highway* e value *motorway*.

Chave	Valor	Descrição	Desenho
highway	motorway	Autoestrada (no Brasil, via expressa quando conforme o DNIT) é uma via de acesso restrito a veículos motorizados e de alta velocidade, normalmente sob pagamento, com 2 ou mais faixas de trânsito e 1 faixa de acostamento/berma, com um separador central (railes, blocos em cimento, simples faixa em terra), sem cruzamentos em nível (cruzamentos com outras vias motorizadas, passagens por ferrovias, travessias de pedestres, etc.) ou obstruções (semáforos, lombadas/lombas e outros moderadores de tráfego, etc.) Os cruzamentos com outras vias são desnivelados através de túneis ou pontes, por isso não são utilizados semáforos.	

Fonte: Adaptado de OpenStreetMap Wiki (2025)

Para a obtenção das *highways* foi utilizado o complemento no *software* QGIS 3.34.8 denominado *QuickOSM*, versão 2.2, que permite filtrar tags específicas e realizar o recorte das feições em áreas atribuídas pelo usuário. Dessa forma, os arquivos vetoriais que compõem eixos viários do IPP e do OSM foram dispostos no QGIS 3.34.8 para que fossem efetuadas as análises. As feições foram extraídas em 07 de outubro de 2025 e correspondem a todas as *highways* disponíveis na base do OpenStreetMap (OSM) desde sua criação até a data da coleta. A obtenção desses dados foi realizada por meio do complemento *QuickOSM*, versão 2.2, integrado ao QGIS 3.34.8, que permite consultar e baixar informações do OSM diretamente dentro do ambiente SIG. Esse complemento facilita a seleção de feições por tipo, etiqueta (tag) ou área de interesse, automatizando o processo de requisição e importação dos dados para o projeto.

As subseções 2.1 e 2.2 apresentam os métodos empregados para a avaliação da acurácia posicional, verificação da heterogeneidade dos dados e aplicação geoespacial desenvolvida.

2.1 Avaliação da Acurácia Posicional Planimétrica

Para a avaliação da acurácia posicional, foram consideradas feições pontuais representativas das interseções entre trechos de arruamento e dos vértices que compõem os eixos viários. A identificação das feições homólogas foi realizada manualmente no QGIS 3.34.8, por meio de uma análise visual sistemática que comparou a base de referência com os dados provenientes do (OSM). Esse procedimento envolveu a sobreposição das duas bases e a inspeção individual de cada interseção e vértice, assegurando que os pontos selecionados correspondessem às mesmas estruturas viárias. As feições identificadas foram então registradas manualmente por meio da criação de arquivos vetoriais de pontos, que serviram como base para as análises de acurácia posicional. A classificação final foi baseada no Padrão de Exatidão Cartográfica para Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD), estabelecido pela Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais - ET-ADGV (Brasil, 2018). O PEC-PCD consiste em uma atualização do Decreto nº 89.817 - Normas Técnicas da Cartografia Nacional (Brasil, 1984), que nesta era denominado PEC. A Tabela 2

apresenta os valores estabelecidos no PEC e no PEC-PCD planimétrico, assim como o Erro Padrão associado aos mesmos.

Tabela 2: Padrão de exatidão cartográfica para produtos cartográficos digitais e respectivos erro padrão

PEC (1984)	PEC-PCD (2018)	PEC Planimétrico	Erro Padrão Planimétrico	PEC (1984)
	A	0,28 mm x Denominador de Escala	0,17 mm x Denominador de Escala	0,28 mm x Denominador de Escala
A	B	0,5 mm x Denominador de Escala	0,3 mm x Denominador de Escala	0,5 mm x Denominador de Escala
B	C	0,8 mm x Denominador de Escala	0,5 mm x Denominador de Escala	0,8 mm x Denominador de Escala
C	D	1,0 mm x Denominador de Escala	0,6 mm x Denominador de Escala	1,0 mm x Denominador de Escala

Fonte: Adaptado de Brasil (2018)

No PEC-PCD, os produtos cartográficos são classificados de acordo com as classes A, B, C e D. A classe A corresponde ao maior nível de rigor na avaliação, enquanto a classe D representa o menor. Essas classes estão vinculadas à escala do produto e permitem classificá-lo a partir do erro máximo obtido nas discrepâncias de uma amostra de pontos. Para cada classe existe um valor definido de PEC-PCD, associado a um Erro Padrão (EP), que corresponde a 60,8% desse valor. O EP é derivado de um indicador estatístico baseado na distribuição normal, considerando 90% de confiança (Brasil, 1984; 2018).

Em 2015, a DSG instituiu a ET-CQDG (Brasil, 2015), que reúne metodologias para avaliação da qualidade do mapeamento de referência. No que se refere à acurácia posicional, a norma prevê o cálculo das Distâncias Euclidianas (DE) obtidas entre pontos homólogos do produto de referência e do produto analisado. A partir dessas DE, para determinar a classificação do produto em uma escala específica, são verificadas duas condições: se 90% dos valores de DE são menores ou iguais ao PEC-PCD correspondente, e se o Erro Médio Quadrático (EMQ) é menor ou igual ao EP definido para a classe e escala apresentadas na Tabela 1. Tais condicionantes foram utilizadas para a realização das análises.

Para a seleção do tamanho da amostra foram utilizados os critérios de Galo e Camargo (1994) e Merchant (1982), nos quais é definido que 20 feições pontuais seriam suficientes para obter a acurácia posicional de uma área. Neste contexto, uma pesquisa realizada por Fernandes, Alixandrini Junior e Elias (2015), baseada em critérios de amostragem apresentados por Nogueira Jr. (2003), evidenciam que o tamanho da amostra de feições pontuais tende a ser constante entre 20 e 24 feições pontuais à medida que aumenta a dimensão da área de estudo. Neste contexto, com o objetivo de estimar a acurácia posicional e analisar a heterogeneidade, foram obtidos seis conjuntos de amostras, cada um composto por 20 feições. A seleção dessas amostras foi realizada por três usuários distintos, sendo que cada usuário selecionou aleatoriamente duas amostras, totalizando os seis conjuntos analisados. Ressalta-se que o processo de escolha foi conduzido de maneira não enviesada, sem direcionamento prévio sobre áreas específicas ou características do território. As amostras resultantes distribuíram-se por todo o município do Rio de Janeiro, abrangendo diferentes tipos de tecidos urbanos, formais e informais.

2.2 Desenvolvimento de aplicação geoespacial

Após a seleção das feições homólogas e o agrupamento das diferentes amostras, o cálculo do PEC-PCD, para cada uma delas, foi baseado no desenvolvimento de um complemento no QGIS 3.34.8. Tal complemento é caracterizado por uma atualização e melhoria no conjunto de ferramentas QPEC (Elias et al., 2023). No que diz respeito à avaliação da acurácia posicional de feições pontuais, o QPEC era baseado em consultas utilizando uma linguagem de programação SQL-LIKE e os processos agrupados no modelador gráfico do QGIS 3.34.8, para que um *script* pudesse ser exportado posteriormente. Neste contexto, a entrada de dados consistia na inserção de feições de referência e feições a serem avaliadas. O resultado era apresentado na tabela de atributos com a classe mínima do PEC-PCD aceito para cada uma das escalas do Mapeamento Sistemático Brasileiro (MSB) (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) (BRASIL, 2015, 2018). Caso na escala avaliada a feição não fosse aceita em nenhuma classe, exibia-se a mensagem “Rejeitado”.

Com base nesses aspectos e visando aprimorar a ferramenta, foram incluídas novas condicionantes para a execução das análises. Entre as melhorias, adicionou-se a possibilidade de o usuário indicar diretamente os campos das tabelas de atributos das camadas de entrada que devem ser utilizados para a identificação dos pontos homólogos. Também foram incorporadas opções de configuração para a visualização dos resultados. Assim, caso o usuário queira consultar os dados em uma escala específica, basta informar o valor no campo “Inserir o denominador de Escala desejado”. Alternativamente, se preferir visualizar os resultados para todas as escalas previstas no MSB, isso pode ser feito marcando a opção “Exibir resultado para todas as escalas do MSB”.

Por fim, a ferramenta foi convertida em um complemento do QGIS, permitindo que o usuário a integre diretamente à sua Caixa de Ferramentas de Processamento. Com essa adaptação, o recurso deixou de ser um *script* isolado e passou a operar como um módulo instalado. A Figura 2 apresenta o complemento inserido na caixa de ferramentas (vermelho) e as adequações nos campos de entrada dos dados (azul). Desta forma, as Figuras 3 e 4 apresentam os pseudocódigos da busca efetuada pelo completo e dos critérios para avaliar a classe aceita segundo o PEC PCD. O complemento então realiza o pareamento das feições homólogas através de uma junção nos atributos identificadores fornecidos pelo usuário, computa o conjunto das discrepâncias euclidianas (*DE*) para cada feição homóloga (f_i) e o EMQ do conjunto e armazena os valores computados. Para computar as discrepâncias euclidianas, as diferenças planimétricas (ΔX e ΔY) são avaliadas para cada f_i .

A opção para exibir resultados em todas as escalas previstas no MSB diferencia-se principalmente pelo desvio para um laço de execução que determina a classe aceita para cada escala no MSB (Figura 3). Caso uma classe seja aprovada para uma escala avaliada, armazena-se a classe aprovada e as demais classes na mesma escala deixam de ser avaliadas. Caso nenhuma classe seja aprovada para a escala avaliada, armazena-se o resultado “rejeitado”. Alternativamente, quando o usuário desejar o detalhamento da avaliação das classes de uma escala especificada, faz-se o armazenamento direto dos resultados de retorno (Figura 4) para cada classe avaliada. As constantes métricas exibidas na Tabela 2 e o denominador de escala são passadas à rotina de avaliação como argumentos para que qualquer escala possa ser computada.

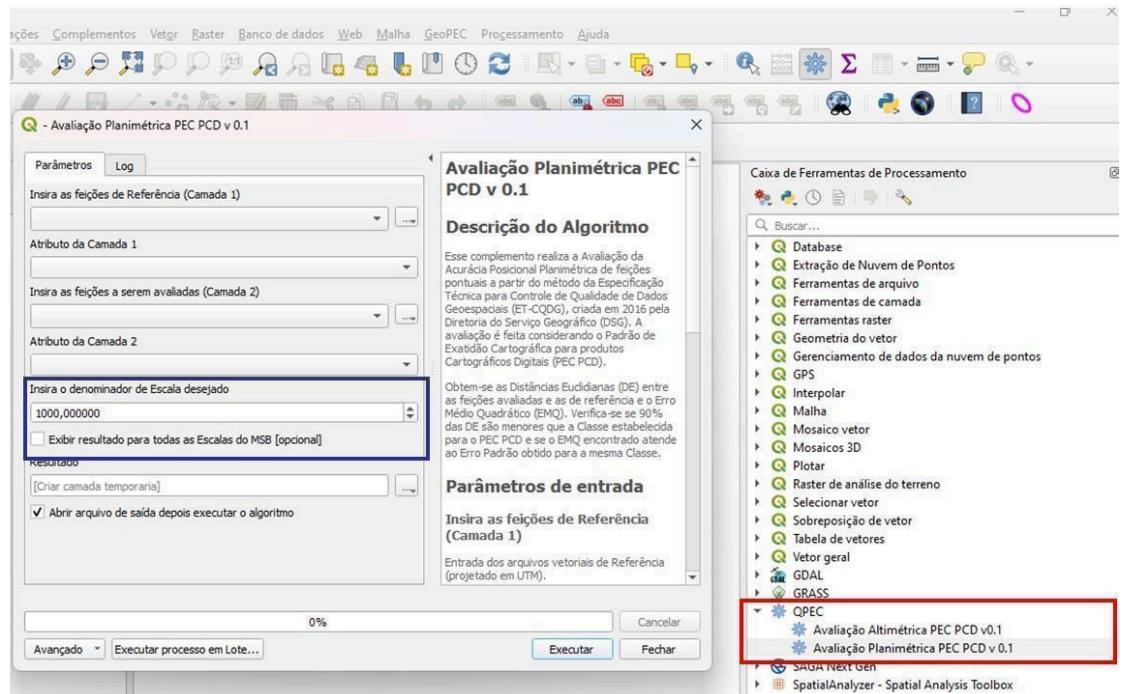


Figura 2: Melhorias do complemento QPEC.

Fonte: Os autores (2025)

Como os resultados armazenados, em *Ac*, contemplam os valores de DE e EMQ (rms, nas Figuras 3 e 4) utilizados para definição do PEC-PCD, foi incorporada uma simbologia automática baseada na classificação das Distâncias Euclidianas em quatro quartis (Q1, Q2, Q3 e Q4). Quando exibidos os resultados armazenados, cada quartil recebe uma cor distinta, aplicada automaticamente às feições avaliadas. A escala cromática segue uma graduação progressiva, em que as tonalidades mais escuras representam maiores discrepâncias, permitindo uma interpretação visual direta da distribuição dos erros no conjunto analisado. Os mapas com os resultados estão apresentados na seção 3. O plugin do QGIS está disponível no GitHub (Elias, 2025). O repositório disponibiliza um arquivo .zip, que pode ser baixado e instalado no QGIS por meio da opção “Instalar a partir de um arquivo ZIP” no gerenciador de complementos.

```

1 Rotina Busca_PEC_PCD(ref, idref, aval, idaval, va, op)
  Entrada: ref é o arquivo com feições de referência
  Entrada: idref é o atributo para parear as feições de referência
  Entrada: aval é o arquivo com feições para avaliação
  Entrada: idaval é o atributo para parear as feições avaliadas
  Entrada: va é valor do denominador da escala especificada
  Entrada: op é opção entre processar todas as escalas ou especifica
  Saída : Ac é arquivo resultante sobre a acurácia do conjunto de
  feições
  //Seja f conjunto de N feições pareadas e  $\{i \in \mathbb{N}^* \mid i \leq N\}$ 
2 Para cada i faça
  3    $DE_{f_i} \leftarrow \sqrt{\Delta X_{f_i}^2 + \Delta Y_{f_i}^2}$ 
  4    $rms \leftarrow \sqrt{\frac{\sum DE_{f_i}}{N}}$ 
  5 Se op é “processar todas as escalas” então
    6   Para cada escala em {1000, 2000, ..., 250000} faça
      7      $Ac_{escala} \leftarrow “Rejeitado”$ 
      8     Para cada c em {A, B, C, D} faça
        9        $PEC_c \leftarrow Avalia\_classe(PEC_c, EP_c, va, DE, rms)$ 
        10      Se PECc é “Aceito” então
          11         $Ac_{escala} \leftarrow “Classe \{c\}”$ 
          12        Interrompa a busca de classes
13 Senão
14   Para cada classe em {A, B, C, D} faça
15      $Ac_{classe} \leftarrow Avalia\_classe(PEC_{classe}, EP_{classe}, va, DE, rms)$ 
16   Classificar feições fi por quartis
17   Exibir Ac e aplicar simbologia

```

Figura 3: Pseudocódigo para execução do complemento a partir da seleção de todas as escalas do MSB.

Fonte: Os autores (2025)

```

1 Rotina Avalia_classe(pec, ep, va, DE, rms)
  Entrada: pec é a constante PEC da classe
  Entrada: ep é o erro padrão máximo para a classe
  Entrada: va é o valor do denominador da escala avaliada
  Entrada: DE é o conjunto de discrepâncias euclidianas entre feições
  Entrada: rms é o erro médio quadrático do conjunto de feições
  Saída : Avaliação, aceito ou rejeitado, para a classe avaliada
2    $lim_{DE} \leftarrow pec * va$ 
3    $lim_{RMS} \leftarrow ep * va$ 
4   Se 90% de DE ≤ limDE e rms ≤ limRMS então
5     | Retorne “Aceito”
6   Senão
7     | Retorne “Rejeitado”

```

Figura 4: Pseudocódigo para execução do complemento a partir da inserção de uma determinada escala.

Fonte: Os autores (2025)

3 Resultados e Discussão

Com base nas análises realizadas, os mapas das Figuras 5, 6, 7, 8, 9 e 10 exibem a distribuição dos conjuntos de amostras da área de estudo, bem como, os resultados dos quartis obtidos a partir da aplicação do QPEC. As subseções 3.1, 3.2 e 3.3 apresentam a discussão acerca dos resultados obtidos.

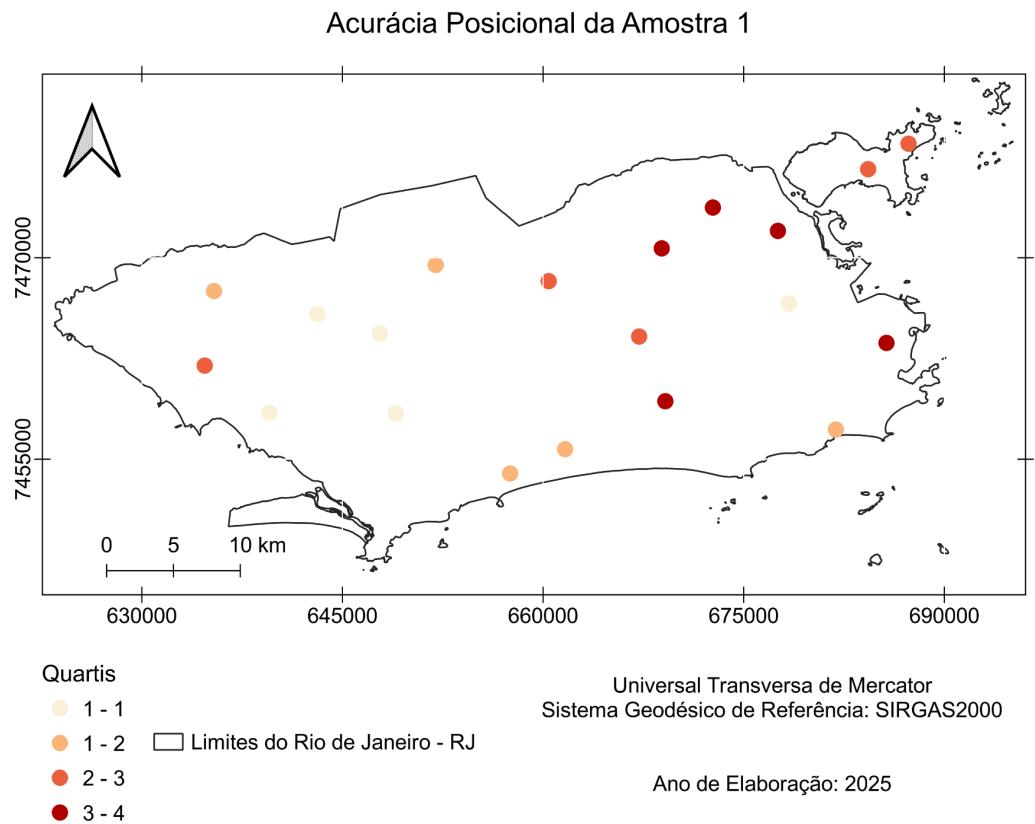


Figura 5: Distribuição das feições pontuais da amostra 1.
Fonte: Os autores (2025)

Acurácia Posicional da Amostra 2

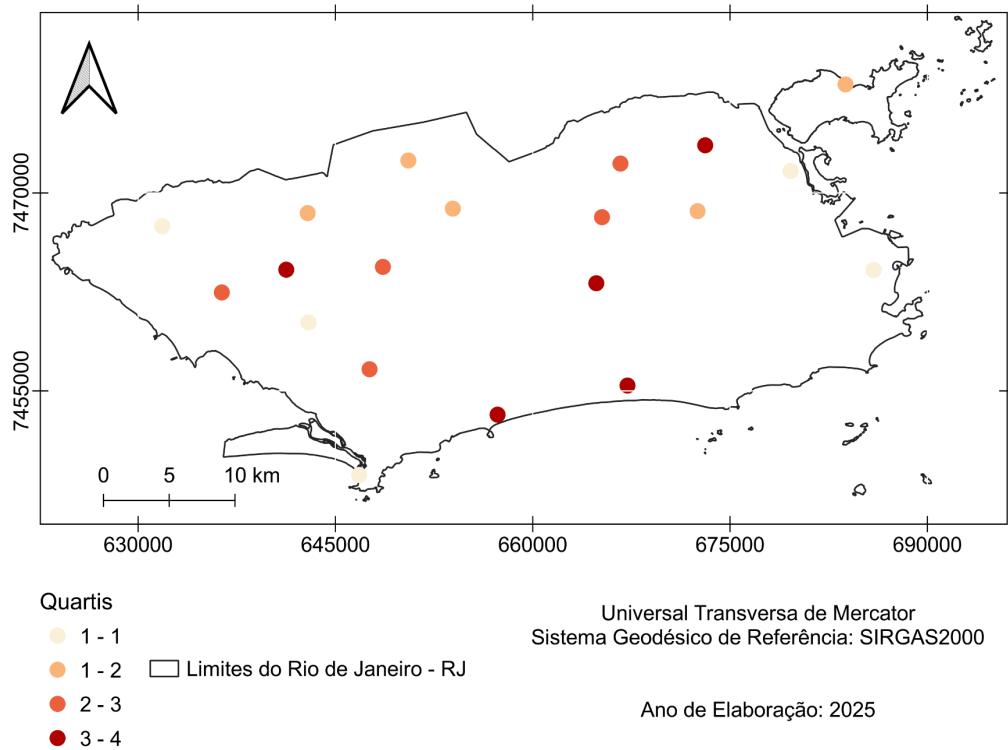


Figura 6: Distribuição das feições pontuais da amostra 2.
Fonte: Os autores (2025)

Acurácia Posicional da Amostra 3

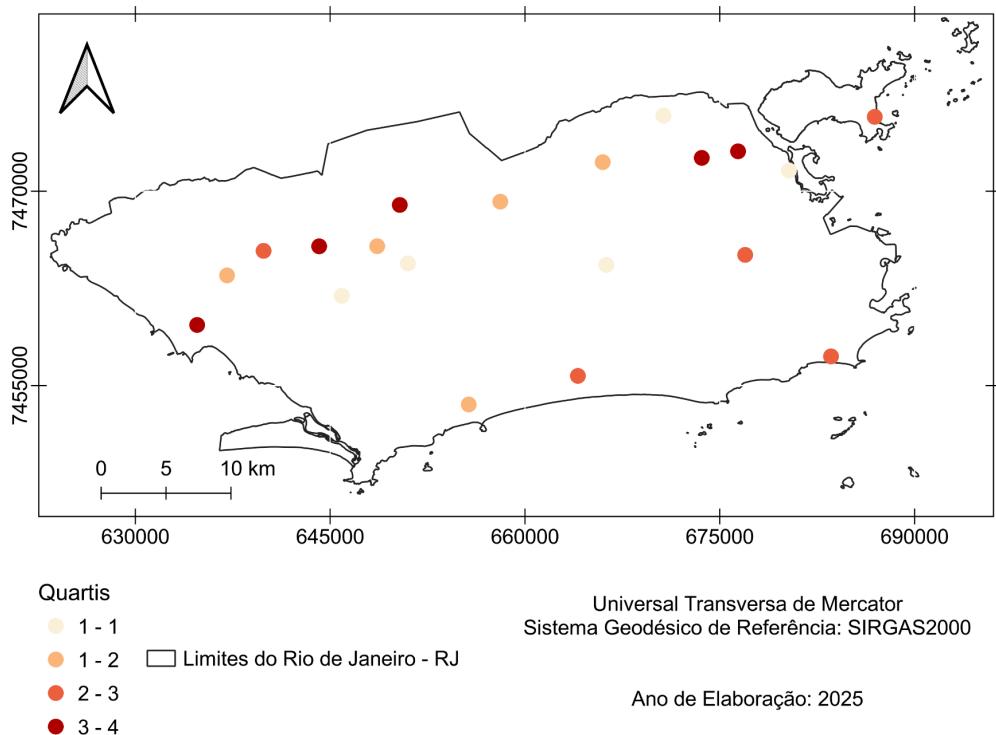


Figura 7: Distribuição das feições pontuais da amostra 3.
Fonte: Os autores (2025)

Acurácia Posicional da Amostra 4

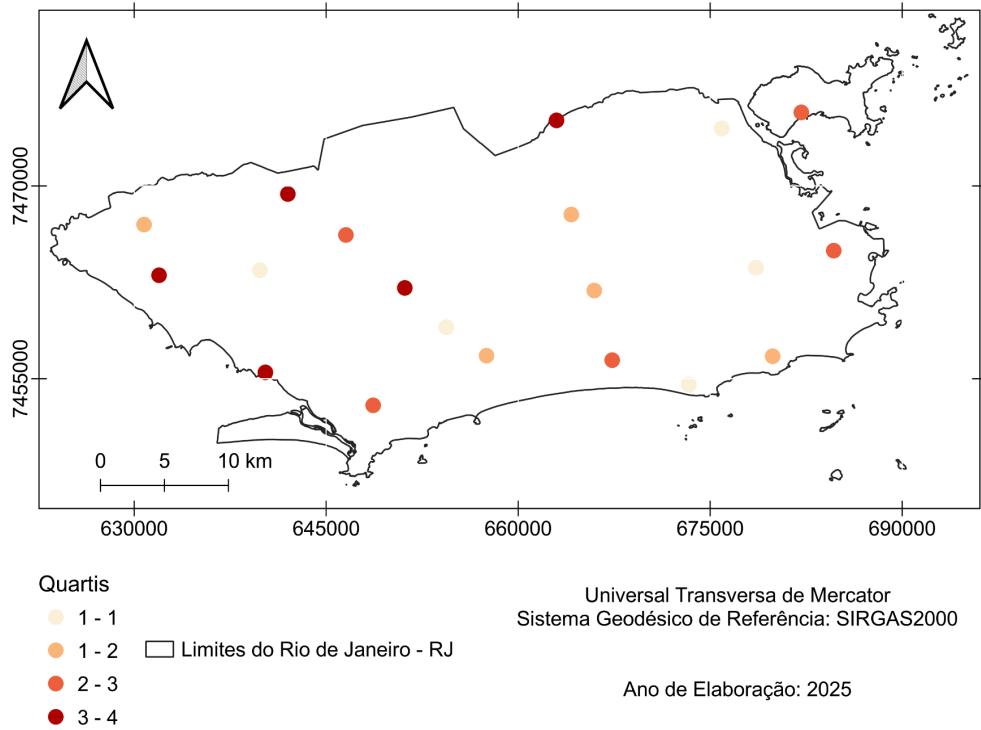


Figura 8: Distribuição das feições pontuais da amostra 4.
Fonte: Os autores (2025)

Acurácia Posicional da Amostra 5

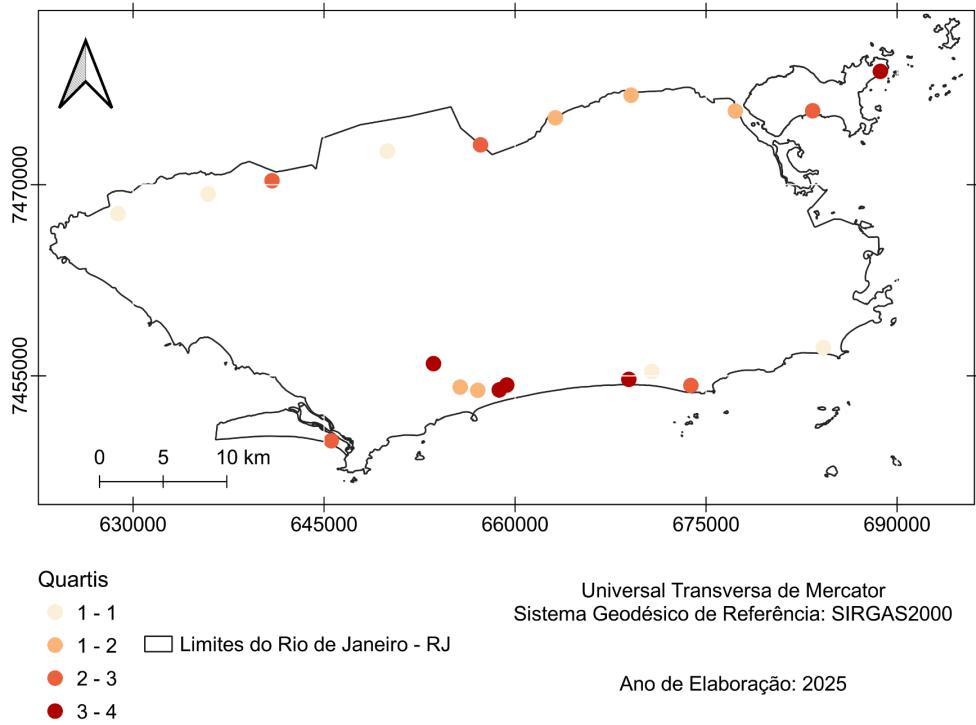


Figura 9: Distribuição das feições pontuais da amostra 5.
Fonte: Os autores (2025)

Acurácia Posicional da Amostra 6

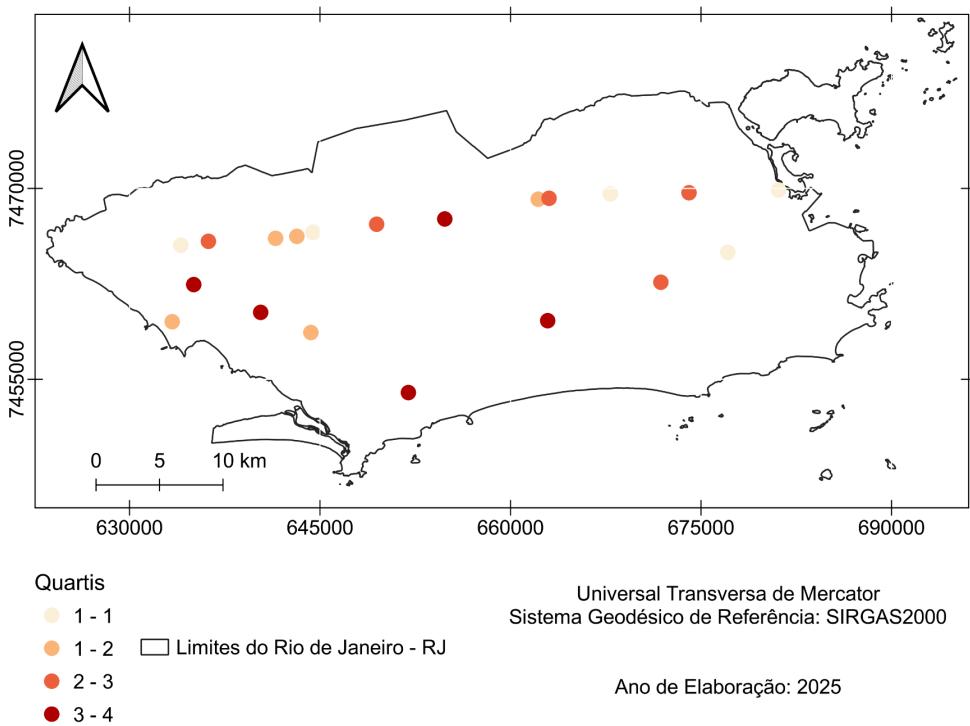


Figura 10: Distribuição das feições pontuais da amostra 6.
 Fonte: Os autores (2025)

3.1. Análise Estatística Agregada e Classificação PEC-PCD

As Tabelas 3 e 4 apresentam, respectivamente, a estatística descritiva das Distâncias Euclidianas (DE) calculadas e classificação dos resultados, de acordo com o PEC-PCD para cada amostra. Além disso, a Tabela 5 apresenta os intervalos da subdivisão por quartis, obtidos ao aplicar o complemento QPEC. Observa-se que, com a notável exceção da Amostra 6, o Erro Médio Quadrático (EMQ) manteve-se em uma faixa de valores relativamente consistente, situando-se entre 2,53 m (Amostra 2) e 2,92 m (Amostra 3). A Amostra 6 se destaca por apresentar o maior EMQ (3,79 m) e a maior discrepância máxima registrada (9,07 m).

Os resultados demonstram que, para cinco das seis amostras (1, 2, 3, 4 e 5), os dados do OSM no Rio de Janeiro enquadram-se na Classe A para a escala 1:25.000 e na Classe D para a escala 1:5.000. Este é um achado relevante, pois ancora o produto do OSM a um padrão de qualidade oficial do Mapeamento Sistemático Brasileiro, indicando sua potencialidade para usos em escalas de menor detalhe.

Complementarmente, os gráficos de dispersão de erros da Figura 9 permitem uma análise da tendência (bias) das amostras. Visualmente, não se identifica um bias sistemático, como um deslocamento de toda a base em um quadrante específico (e.g., nordeste). Os erros, embora de magnitudes variadas, distribuem-se em torno da origem (0,0), sugerindo que as discrepâncias são, em sua maioria, de natureza aleatória (imprecisão), e não um erro sistemático de registro entre as bases do OSM e do IPP.

Os resultados agregados estabelecem uma linha de base: o OSM no Rio de Janeiro possui, em geral, uma qualidade posicional compatível com a Classe A em 1:25.000. No entanto, esses valores mascaram as variações estatísticas e espaciais significativas entre e dentro das amostras, que comprovam a heterogeneidade dos dados e serão o foco da subseção 3.2

Tabela 3: Estatística descritiva das Discrepâncias Euclidianas (DE) e Erro Médio Quadrático (EMQ) por amostra

Dado	mínimo (DE) (m)	máximo (DE) (m)	média (DE) (m)	mediana (DE) (m)	EMQ (m)
Amostra 1	0,25	5,88	2,36	2,57	2,66
Amostra 2	0,62	5,41	2,25	2,47	2,53
Amostra 3	0,16	7,11	2,34	1,68	2,92
Amostra 4	1,09	7,41	2,40	2,15	2,80
Amostra 5	0,58	5,13	2,63	2,69	2,88
Amostra 6	0,84	9,07	3,11	2,24	3,79

Fonte: Os autores (2025)

Tabela 4: Classificação das amostras segundo o Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC-PCD) por classe e escala

Dado	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Amostra 1	1:25.000	1:10.000	-	1:5.000
Amostra 2	1:25.000	1:10.000	-	1:5.000
Amostra 3	1:25.000	1:10.000	-	1:5.000
Amostra 4	1:25.000	1:10.000	-	1:5.000
Amostra 5	1:25.000	1:10.000	-	-
Amostra 6	1:25.000	-	1:10.000	1:5.000

Fonte: Os autores (2025)

Tabela 5: Distribuição das Discrepâncias Euclidianas (DE) em quartis por amostra

Dado	Quartil 1 (m)	Quartil 2 (m)	Quartil 3 (m)	Quartil 4 (m)
Amostra 1	0,25 - 1,37	1,39 - 2,54	2,61 - 2,88	2,96 - 5,88
Amostra 2	0,62 - 1,29	1,30 - 2,43	2,52 - 2,74	2,99 - 5,41
Amostra 3	0,16 - 1,11	1,20 - 1,62	1,75 - 3,58	3,80 - 7,11
Amostra 4	1,09 - 1,23	1,39 - 2,12	2,18 - 2,53	3,11 - 7,41
Amostra 5	0,58 - 1,87	1,96 - 2,67	2,24 - 3,61	3,33 - 5,13
Amostra 6	0,84 - 1,56	1,82 - 2,23	2,71 - 3,05	4,44 - 9,07

Fonte: Os autores (2025)

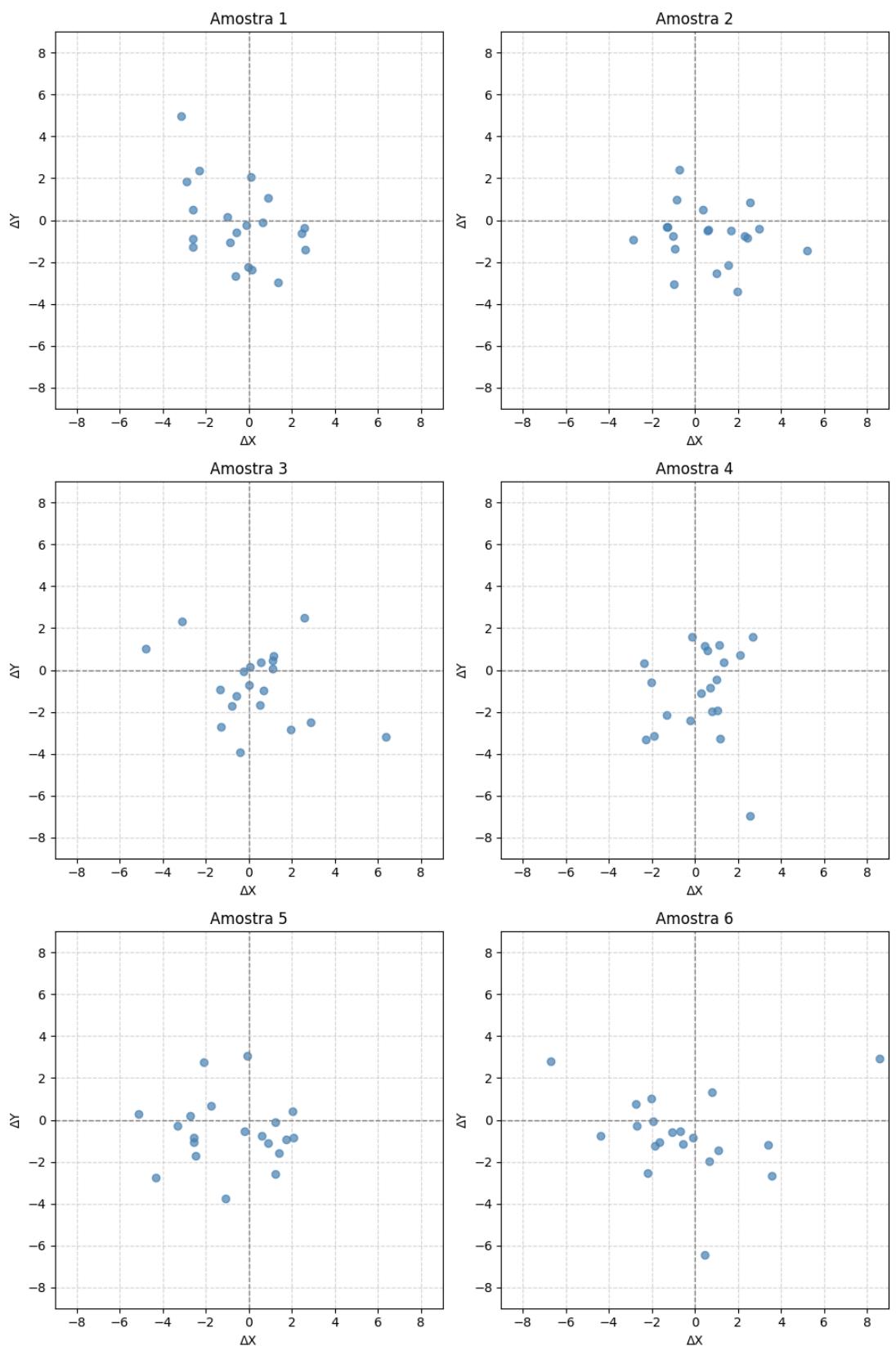


Figura 11: Gráfico de dispersão de erros das amostras.
Fonte: Os autores (2025)

3.2. A Variabilidade entre Amostras

Conforme estabelecido na subseção 3.1, a análise agregada aponta para uma qualidade média consistente (Classe A em 1:25.000). Contudo, uma análise detalhada das amostras individuais revela a principal característica dos dados VGI: a sua heterogeneidade.

O ponto de maior destaque é a Amostra 6. Conforme a Tabela 2, esta amostra apresentou EMQ de 3,79 m. Este valor é significativamente discrepante, sendo, por exemplo, quase 50% superior ao EMQ da Amostra 2 (2,53 m). Além disso, a Amostra 6 registrou a maior discrepância máxima entre todos os conjuntos, com um ponto atingindo 9,07 m de erro.

Esta discrepância estatística tem uma consequência cartográfica direta, como demonstrado na Tabela 3. Enquanto cinco das seis amostras alcançaram a Classe B na escala 1:10.000, a Amostra 6 foi a única a falhar neste critério, sendo rebaixada para a Classe C na mesma escala.

Estes dados comprovam estatisticamente a tese da "colcha de retalhos" (Goodchild, 2007). A qualidade posicional do OSM no Rio de Janeiro não é monolítica. A seleção de uma amostra de 20 pontos em uma localização ligeiramente diferente altera drasticamente a classificação oficial do produto cartográfico. Fica, assim, demonstrada a existência de uma clara heterogeneidade Inter amostral, onde a qualidade média geral (discutida em 3.1) não é suficiente para descrever o comportamento dos dados em toda a sua complexidade.

3.3. A Dimensão Espacial da Heterogeneidade

A heterogeneidade não se manifesta apenas entre as médias das amostras (Inter amostral), como visto na subseção 3.2, mas também, de forma crucial, dentro de cada conjunto de dados (intra-amostra) e em sua distribuição espacial.

A Tabela 4, que detalha os quartis de discrepância, revela essa variação interna. Na Amostra 6, por exemplo, coexistem pontos com discrepâncias mínimas (Quartil 1, iniciando em 0,84 m) e pontos com erros severos (Quartil 4, atingindo 9,07 m). Essa ampla dispersão, onde o maior erro é mais de 10 vezes superior ao menor dentro do mesmo conjunto, demonstra que a qualidade não é uniforme nem mesmo em vizinhanças próximas.

A verdadeira contribuição deste estudo, no entanto, reside na análise da distribuição espacial desses erros. Os mapas (Figuras 5-10), que utilizam a simbologia de quartis gerada automaticamente pela ferramenta QPEC, permitem uma investigação visual da questão central deste trabalho: identificar se existem e quais são as diferentes relações entre as regiões com maior ou menor discrepância posicional e de que forma os erros estão distribuídos no complexo tecido urbano carioca.

A hipótese inicial deste trabalho, fundamentada na literatura da "cidade dual" (Perlman, 2010; Novaes, 2014; Kalkman, 2019), postula que as maiores discrepâncias (Quartis 3 e 4, em tons mais escuros) estariam concentradas em duas áreas principais:

- Assentamentos informais (favelas), onde o mapeamento VGI poderia ter menor precisão ou onde a base oficial do IPP (2021) teria maior dificuldade de representação;
- Áreas de rápida expansão urbana, onde poderiam existir obras viárias mais recentes que o mapeamento de referência de 2021, fazendo com que o OSM (mais atualizado) parecesse "errado" em relação à base oficial desatualizada (Camboim; Bravo; Sluter, 2015).

A heterogeneidade da acurácia posicional no Rio de Janeiro não pode ser explicada apenas pela dicotomia socioespacial formal/informal. Outras variáveis técnicas e temporais são determinantes como, por exemplo, a defasagem temporal. A base de

referência do IPP é de 2021. O OSM é atualizado continuamente. É altamente provável que discrepâncias elevadas (Q4) em áreas formais não sejam "erros" do OSM, mas sim "atualizações" (novos retornos, ciclovias, alterações de via) que o OSM capturou, mas que a base de referência de 2021, agora desatualizada, não reflete.

A análise espacial (Figuras 3-8) enriquece a tese da heterogeneidade: ela não é apenas estatística (subseção 3.2), mas profundamente espacial e multifatorial. Os resultados sugerem que a "cidade dual" (Perlman, 2010) não é a única explicação; a defasagem temporal entre as bases e a própria qualidade das fontes de dados são fatores determinantes que precisam ser investigados em estudos futuros.

Os resultados obtidos evidenciam que a heterogeneidade da acurácia posicional da rede viária do OSM no município do Rio de Janeiro, com valores de PEC-PCD predominantemente enquadrados entre as classes B e C na escala 1:10.000 e erros máximos da ordem de 9,07 m, possui implicações diretas para a gestão ambiental urbana e para análises baseadas em sistemas de transporte. Em estudos que utilizam redes viárias como estrutura analítica, tais como avaliações de acessibilidade a serviços, modelagem de fluxos de tráfego, estimativas de emissões veiculares ou análises de exposição a poluentes atmosféricos, deslocamentos planimétricos de poucos metros podem resultar em classificações equivocadas de proximidade a corredores viários, especialmente em áreas de abrangência sensíveis entre 50 e 100 m. Essas distorções afetam a delimitação de áreas de risco, a identificação de populações expostas e a avaliação de desigualdades socioambientais, introduzindo vieses relevantes em inferências de justiça ambiental (Lane *et al.*, 2013). Nesse sentido, as discrepâncias observadas nos quartis superiores (Q3 e Q4) não configuram apenas um problema cartográfico, mas um fator crítico de incerteza para aplicações ambientais baseadas em redes. Ademais, em áreas sujeitas a eventos ambientais extremos, a completude e a conectividade da rede viária, sobretudo em assentamentos informais, condicionam a acessibilidade para resposta emergencial e a definição de rotas seguras, reforçando a necessidade de integração entre dados do OSM, produtos de sensoriamento remoto e estratégias de detecção de lacunas cartográficas para subsidiar ações de gestão ambiental e resiliência urbana (Li *et al.*, 2020a; Neivas, 2023).

No contexto do município do Rio de Janeiro, caracterizado por elevada densidade urbana, contrastes socioespaciais e recorrência de eventos ambientais críticos, como enchentes e deslizamentos, a qualidade da representação da rede viária condiciona diretamente a capacidade de planejamento de rotas de emergência, acesso a áreas vulneráveis e resposta a desastres. A presença de erros posicionais elevados em determinadas regiões pode comprometer análises de conectividade da rede, afetando tanto estratégias de mobilidade sustentável quanto ações de adaptação e resiliência urbana. Dessa forma, os resultados reforçam que a avaliação da acurácia posicional do OSM constitui um insumo essencial para o uso responsável desses dados em políticas públicas integradas de transporte, meio ambiente e gestão de riscos.

3.4. Implicações Metodológicas e a Contribuição do QPEC

Faz-se necessário discutir as implicações metodológicas que permitiram a própria execução desta análise de heterogeneidade. A abordagem central deste estudo, avaliar não uma, mas seis amostras independentes (Figuras 3-8) para um mesmo produto cartográfico, seria excessivamente laboriosa e impraticável se realizada por métodos manuais de cálculo estatístico e classificação.

Neste contexto, o desenvolvimento do complemento QPEC (Figura 2), detalhado na Seção 2.2, foi a contribuição metodológica que efetivamente viabilizou a investigação da heterogeneidade. A automação dos cálculos do EMQ e das condicionantes do PEC-PCD, seguindo as normas da ET-CQDG (Brasil, 2015),

permitiu que a análise fosse replicada de forma eficiente, rápida e padronizada para os seis conjuntos de dados.

Mais importante do que a automação do cálculo foi a capacidade de visualização da ferramenta. A funcionalidade do QPEC que gera automaticamente a simbologia padronizada por quartis (Q1-Q4) foi essencial para a análise espacial. Foi essa capacidade que permitiu a transformação dos dados estatísticos brutos (Tabela 2) em inteligência espacial (Figuras 5-10), possibilitando a discussão apresentada na subseção 3.3 e a conexão das discrepâncias métricas com a complexa realidade urbana carioca.

Adicionalmente, a explicitação espacial da heterogeneidade proporcionada pelo QPEC amplia o potencial de uso de dados do OSM em aplicações voltadas à gestão ambiental e aos sistemas de transportes. Ao permitir a identificação objetiva de áreas com maior incerteza posicional na rede viária, a ferramenta oferece subsídios metodológicos para a incorporação da qualidade dos dados como variável explícita em análises de acessibilidade, modelagem de mobilidade urbana, estimativas de emissões veiculares e estudos de exposição ambiental. Nesse sentido, a integração dos resultados do QPEC a modelos ambientais e de transporte possibilita não apenas a melhoria da robustez analítica, mas também uma leitura crítica das limitações espaciais do OSM, particularmente em áreas periféricas e assentamentos informais, onde a confiabilidade da rede viária é determinante para o planejamento urbano, a resposta a eventos extremos e a formulação de políticas públicas ambientais e de mobilidade mais equitativas.

4 Conclusões

Este trabalho teve como objetivo central estimar a heterogeneidade dos eixos viários da plataforma OSM no município do Rio de Janeiro, partindo da hipótese de que a qualidade posicional dos dados VGI seria um reflexo direto da estrutura socioespacial da "cidade dual". Para tal, foi implementada uma metodologia robusta de avaliação da acurácia posicional (PEC-PCD) através de seis amostras independentes, automatizada pela ferramenta QPEC. Os resultados não apenas confirmaram a existência da heterogeneidade, mas também revelaram uma complexidade que desafia a hipótese inicial. Os principais achados deste estudo podem ser sintetizados em três pontos:

- O OSM no Rio de Janeiro possui uma qualidade posicional "média" robusta. A análise agregada demonstrou que, na maior parte do tempo, os dados atendem a padrões cartográficos oficiais rigorosos, enquadrando-se na Classe A em 1:25.000 e Classe D em 1:5.000. Isso, por si só, valida o potencial de integração destes dados para planejamento em escalas menores;
- A heterogeneidade estatística é um fato comprovado. A "qualidade média" mascara variações significativas. A Amostra 5 apresentou um EMQ quase 50% superior às demais, falhando nas classificações que as outras cinco amostras alcançaram. Isso comprova estatisticamente a tese da "colcha de retalhos" (Goodchild, 2007) e demonstra que uma análise de acurácia baseada em uma única amostra, uma prática comum, seria metodologicamente falha e levaria a conclusões equivocadas sobre a qualidade do produto;
- A heterogeneidade espacial é multifatorial e refuta a hipótese inicial. O achado mais significativo deste estudo foi a constatação de que a "cidade dual" (Perlman, 2010; Novaes, 2014) não é a única, nem talvez a principal, explicação para a variação da qualidade posicional.

Este último ponto tem implicações profundas. Sob a perspectiva da gestão ambiental e dos transportes, os achados deste estudo indicam que a heterogeneidade da acurácia posicional do OSM deve ser considerada explicitamente em aplicações que utilizam redes viárias como base analítica. No

município do Rio de Janeiro, onde a mobilidade urbana, a qualidade do ar, a exposição a riscos ambientais e a acessibilidade a serviços estão fortemente interligadas, a confiabilidade geométrica da rede viária condiciona a robustez de modelos ambientais e de apoio à decisão. Assim, a avaliação sistemática da qualidade do OSM não apenas qualifica seu potencial de integração com bases oficiais, mas também contribui para o uso mais crítico e transparente de dados VGI em políticas de mobilidade sustentável e planejamento urbano ambientalmente orientado.

Nesse sentido, este trabalho reforça que iniciativas de mapeamento colaborativo, quando avaliadas sob critérios objetivos de qualidade, podem desempenhar papel estratégico na governança ambiental urbana. Ao evidenciar onde e como a rede viária colaborativa apresenta maior ou menor confiabilidade, cria-se uma base técnica para orientar tanto o uso analítico do OSM quanto ações direcionadas de aprimoramento do mapeamento, alinhando geoprocessamento, participação social e gestão ambiental em contextos urbanos complexos.

A heterogeneidade da acurácia no Rio de Janeiro é multifatorial. A discussão sugere que a defasagem temporal é uma variável tão ou mais determinante que a dicotomia formal/informal. Em áreas de rápida alteração viária (comuns na "cidade formal"), o OSM, por ser continuamente atualizado, pode ser mais correto que a base oficial de 2021, fazendo com que uma alta discrepância (erro) seja, na verdade, um indicador de maior atualidade do VGI.

Para o planejamento urbano no Rio de Janeiro, isso significa que a integração de dados (Camboim; Bravo; Sluter, 2015) não pode seguir uma regra simples (ex: "usar IPP em favelas e OSM no asfalto"). O cenário é o oposto: o OSM pode ser a fonte mais atualizada para a mobilidade na cidade formal, enquanto a base oficial do IPP pode ser a única fonte geometricamente acurada em assentamentos informais.

Do ponto de vista metodológico, o trabalho ressalta a contribuição do complemento QPEC, cuja aplicação foi decisiva para viabilizar a análise de múltiplas amostras e para traduzir métricas estatísticas (Tabela 2) em representações espaciais interpretáveis (Figuras 5–10).

4.1. Limitações e Pesquisas Futuras

Como um estudo focado na metodologia da heterogeneidade, este trabalho possui limitações que abrem caminhos para pesquisas futuras. A análise de seis amostras provou a existência da heterogeneidade, mas não a mapeou de forma exaustiva. A correlação entre os erros (Q4) e a "cidade dual" foi feita de forma visual e qualitativa, baseada nas amostras.

Pesquisas futuras podem explorar algumas vertentes como: expandir a análise de acurácia posicional para toda a extensão do município, utilizando métodos de grade (Forghani; Delavar, 2014) ou análise por setores censitários, para criar um mapa definitivo da heterogeneidade da acurácia e correlacionar quantitativamente as discrepâncias com as manchas de assentamentos informais e, crucialmente, com a data da última edição no OSM versus a data de obras viárias, para isolar a variável "defasagem temporal".

Além disso, investigações futuras podem aprofundar a relação entre a heterogeneidade da qualidade do OSM, os sistemas de transporte urbano e aplicações em gestão ambiental. Em particular, a incorporação explícita das métricas de acurácia posicional e completude da rede viária em modelos de acessibilidade, estimativas de emissões veiculares e análises de exposição a poluentes atmosféricos permitiria avaliar de forma quantitativa o impacto dos erros geométricos sobre resultados ambientais. No contexto do Rio de Janeiro, tal abordagem é especialmente relevante para áreas de assentamentos informais, onde a baixa qualidade ou ausência de mapeamento viário pode comprometer diagnósticos de mobilidade sustentável, planejamento de rotas de transporte

coletivo, logística de resposta a eventos extremos e avaliações de justiça ambiental. A integração entre dados do OSM, inventários de emissões, informações de uso e cobertura da terra e dados socioambientais poderia, portanto, ampliar o papel do mapeamento colaborativo como suporte à formulação de políticas públicas ambientais e de transportes mais equitativas e baseadas em evidências.

Este artigo demonstrou que a heterogeneidade do OSM no Rio de Janeiro é uma realidade complexa, que não reflete apenas a desigualdade social, mas também a dinâmica temporal e a qualidade das próprias fontes de dados oficiais.

Referências

- ALCÂNTARA, E. et al. Flash floods and landslides of February 2022 in Petrópolis, Rio de Janeiro. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 23, p. 1157–1178, 2023. Disponível em: <https://nhess.copernicus.org/articles/23/1157/2023/>. Acesso em: 8 nov. 2025.
- BORTOLINI, E.; CAMBOIM, S. P. Contextualizing OpenStreetMap in Mapping Favelas in Brazil. **State of the Map**, Heidelberg, v. 1. [S.n.]. 2019. DOI: 10.5281/zenodo.3387727. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.3387727>. Acesso em: 8 nov. 2025.
- BRASIL. Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984. Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 1984. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d89817.htm. Acesso em: 8 nov. 2025.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. Departamento de Ciência e Tecnologia. **Diretoria de Serviço Geográfico**. Norma da especificação técnica para controle de qualidade de dados geoespaciais (ET-CQDG). Brasília, DF: MF, 2015. Disponível em: https://bdgex.eb.mil.br/portal/media/cqdg/ET_CQDG_1a_edicao_2016.pdf. Acesso em: 08 nov. 2025.
- BRASIL. Ministério da Defesa. Exército Brasileiro. **Diretoria de Serviço Geográfico**. Especificação Técnica para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV). 3. ed. Brasília, DF: DSG, 2018. Disponível em: geoportal.eb.mil.br/portal/images/Documentos/2024/ET-ADGV_3.0_211218.pdf. Acesso em: 8 nov. 2025.
- BROVELLI, M. A.; ZAMBONI, G. A new method for the assessment of spatial accuracy and completeness of OpenStreetMap building footprints. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 7, n. 8, p. 289, 2018. DOI: 10.3390/ijgi7080289.
- C40 CITIES. **Benefits of urban climate action**: Rio de Janeiro – electrification of the bus fleet. 2022. Disponível em: <https://www.c40.org/wp-content/uploads/2022/02/Rio-de-Janeiro-%E2%80%93-Electrification-of-the-Bus-Fleet-Portuguese.pdf>. Acesso em: 8 dez. 2025
- CAMBOIM, S. P.; BRAVO, J. V. M.; SLUTER, C. R. An investigation into the completeness of, and the updates to, OpenStreetMap data in a heterogeneous area in Brazil. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 4, n. 3, p. 1366–1388, 2015. DOI: 10.3390/ijgi4031366. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2220-9964/4/3/1366>. Acesso em: 8 nov. 2025.
- CORMODE, G.; KRISHNAMURTHY, B. Key differences between Web 1.0 and Web 2.0. **First Monday**, v. 13, n. 6, 2008. DOI: <https://doi.org/10.5210/fm.v13i6.2125>.
- ELIAS. QPECv0.2. 2025. Disponível em: <https://github.com/eliasnaim/QPECv0.2>. Acesso em: 12 dez. 2025.
- ELIAS, E. N. N. et al. QPEC: QGIS Toolkit for Evaluating Geospatial Data Positional Accuracy according to the Brazilian Cartographic Accuracy Standard. **Anuário do**

Instituto de Geociências, v. 46, 2023. DOI: 10.11137/1982-3908_2023_46_54245. Disponível em: https://doi.org/10.11137/1982-3908_2023_46_54245. Acesso em: 21 nov. 2025.

ELWOOD, S.; GOODCHILD, M.; SUI, D. Researching volunteered geographic information: spatial data, geographic research, and new social practice. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 102, n. 3, p. 571-590, 2012. DOI: 10.1080/00045608.2011.595657.

EWING, R.; CERVERO, R. Travel and the Built Environment: A Meta-Analysis. **Journal of the American Planning Association**, v. 76, n. 3, p. 265-294, 2010. DOI: 10.1080/01944361003766766.

FERNANDES, V. O.; ALIXANDRINI JUNIOR, M. J.; ELIAS, E. N. N. Determinação de número de amostras para controle de qualidade posicional em mapas urbanos. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 25, n. 4, p. 821-820, 2015.

FERSTER, C. et al. Using OpenStreetMap to inventory bicycle infrastructure: A comparison with open data from cities. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 14, n. 1, p. 64-73, 2019. DOI: 10.1080/15568318.2018.1519746.

FIGUEIREDO, A.; VERÍSSIMO, E.; FRANCO, S. Mapping the Care of People with URBELatam (Morro do Preventório, Niterói/RJ). **Humanitarian OpenStreetMap Team (HOT)**, 2022. Disponível em: <https://www.hotosm.org/updates/mapping-the-care-of-people-with-urbelatam/>. Acesso em: 8 nov. 2025.

FONTE, C. C. et al. Generating Up-to-Date and Detailed Land Use and Land Cover Maps Using OpenStreetMap and GlobeLand30. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 6, n. 4, 125, 2017. DOI: 10.3390/ijgi6040125.

FORGHANI, M.; DELAVAR, M. R. A quality study of the OpenStreetMap dataset for Tehran. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 3, n. 2, p. 750-763, 2014. DOI: 10.3390/ijgi3020750.

GALO, M.; CAMARGO, P. Utilização do GPS no controle de qualidade de cartas. In: **1º Congresso Brasileiro De Cadastro Técnico Multifinalitário**, 1994, Florianópolis. Anais [...]. Florianópolis: UFSC, 1994. p. 41-48. Disponível em: researchgate.net/profile/Mauricio-Galo-2/publication/265208956_Utilizacao_do_GPS_no_controle_de_qualidade_de_cartas/links/5dadf743a6fdccc99d928da4/Utilizacao-do-GPS-no-controle-de-qualidade-de-cartas.pdf. Acesso em: 8 nov. 2025.

GANAPATI, S. Uses of public participation geographic information systems applications in E-Government. **Public Administration Review**, v. 71, n. 3, p. 425-434, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1540-6210.2011.02226.x>.

GIRRES, J-F.; TOUYA, G. Quality assessment of the French OpenStreetMap dataset. **Transactions in GIS**, v. 14, n. 4, p. 435-459, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9671.2010.01203.x>.

GOODCHILD, M. F. Citizens as sensors: the world of Volunteered Geography. **GeoJournal**, v. 69, p. 211-221, 2007. DOI: 10.1007/s10708-007-9111-y.

GOODCHILD, Michael F.; LI, Linna. Assuring the quality of volunteered geographic information. **Spatial Statistics**, v. 1, p. 110-120, 2012. DOI: 10.1016/j.spasta.2012.03.002.

GRASER, A.; STRAUB, M.; DRAGASCHNIG, M. Is OSM good enough for vehicle routing? A study comparing street networks in terms of route quality. In: **PROCEEDINGS OF LBS 2014**, 2014. Preprint. Disponível em: https://anitagraser.com/wp-content/uploads/2010/10/preprint_lbs2014_graseretal.pdf. Acesso em: 8 nov. 2025.

HAKLAY, M. How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets for London and the rest of England. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 37, n. 4, p.

682–703, 2010. Disponível em: https://www.ucl.ac.uk/~ucfamha/OSM%20data%20analysis%20070808_web.pdf. Acesso em: 8 nov. 2025.

HAGEN, Joshua S. Contributing to the geoweb: volunteered geographic information and humanitarian assistance. **GeoJournal**, v. 81, n. 3, p. 429–444, 2016. DOI: 10.1007/s10708-015-9634-0.

HALLOPEAU, T. et al. Mapping Rio de Janeiro's favelas: general-purpose vs. satellite-specific neural networks. **arXiv**, [S.v], 2025. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2510.03725>. Acesso em: 8 nov. 2025.

HECHT, R.; KUNZE, C.; HAHMANN, S. Measuring completeness of building footprints in OpenStreetMap over space and time. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 2, n. 4, p. 1066–1091, 2013. DOI: 10.3390/ijgi2041066. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2220-9964/2/4/1066>. Acesso em: 8 nov. 2025.

HERFORT, B. et al. The evolution of humanitarian mapping within the OpenStreetMap community. **Scientific Reports**, v. 11, 3037, 2021. DOI: 10.1038/s41598-021-82404-z. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-82404-z>. Acesso em: 8 nov. 2025.

HOSSEINI, R. et al. A framework for performance analysis of OpenStreetMap road data across different navigation tasks. **Journal of Location Based Services**, 2025. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19475683.2025.2468184>. Acesso em: 8 nov. 2025.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual Técnico para Avaliação da Qualidade de Dados Geoespaciais. **Manuais Técnicos em Geociências**, n. 13. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101152.pdf. Acesso em: 8 nov. 2025.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2022: população residente do município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: **IBGE**, 2022a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/rio-de-janeiro.html>. Acesso em: 21 nov. 2025.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Área territorial oficial do município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: **IBGE**, 2022b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/rio-de-janeiro.html>. Acesso em: 21 nov. 2025.

IBRAHIM, M. H.; DARWISH, N. R.; HEFNY, H. A. An approach to control the positional accuracy of point features in volunteered geographic information systems. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 10, n. 6, 2019. DOI: 10.14569/IJACSA.2019.0100624.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. CO₂ emissions in 2023. Paris, 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023>. Acesso em: 8 dez. 2025.

IPCC. **Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change**. Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report. Chapter 10: Transport. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/chapter/chapter-10/>. Acesso em: 8 dez. 2025.

INSTITUTO PEREIRA PASSOS (IPP) INSTITUTO MUNICIPAL DE URBANISMO PEREIRA PASSOS. Página inicial. 2025. Disponível em: <https://ipp.prefeitura.rio/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

INSTITUTO PEREIRA PASSOS (IPP). Logradouros. Rio de Janeiro: **Data.Rio**, 2021. Conjunto de dados. Disponível em: <https://www.data.rio/datasets/PCRJ::logradouros/about>. Acesso em: 01 nov. 2025

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 19157:2013: Geographic Information - Data Quality. Vernier: ISO, 2013.

JASIM, M. S.; AL-HAMADANI, O. Positional accuracy assessment for updating authoritative geospatial datasets based on open source data and remotely sensed images. **Journal of Engineering**, v. 26, n. 2, p. 70-84, 2020. DOI: 10.31026/j.eng.2020.02.06.

JOSM. JOSM - O Editor do OpenStreetMap. 2025. Disponível em: <https://josm.openstreetmap.de/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

KALKMAN, A. S. **Worlding Rio de Janeiro's favelas**: Relations and representations of socio-spatial inequality in visual art. 2019. Tese (Mestrado) — Universiteit van Amsterdam, Amsterdam, 2019. Disponível em: pure.uva.nl/ws/files/36518171/Thesis_complete_.pdf. Acesso em: 12 nov. 2025.

KENT, A. Topographic Maps: methodological approaches for analyzing cartographic style. **Journal of Map & Geography Libraries**, v. 5, n. 2, p. 131-156, 2009. DOI: 10.1080/15420350903001187.

LANE, K. J. et al. Positional error and time-activity patterns in near-highway epidemiologic studies of traffic-related air pollution. **Environmental Health**, v. 12, 2013. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3907019/>. Acesso em: 8 dez. 2025.

LI, Linna et al. Using OpenStreetMap data to support environmental and urban analysis: a review. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 80, p. 101–120, 2020. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2019.101441.

LI, H.; HERFORT, B.; HUANG, W.; ZIA, M.; ZIPF, A. Exploration of OpenStreetMap missing built-up areas using Twitter hierarchical clustering and deep learning in Mozambique. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 166, p. 41-51, 2020a.

LIMA, M. da C.; FREIMAN, F. P. CAMBOIM, S. P. Desenvolvimento de uma aplicação web de mapeamento colaborativo para identificação de áreas de risco aplicada ao município de Nova Friburgo/RJ. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 8, n. 1, p. 217–226, 2022. DOI: 10.21680/2447-3359.2022v8n1ID26542. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/download/26542/16388/105089>. Acesso em: 8 nov. 2025.

MACHADO, A. A.; CAMBOIM, S. P.. MAPEAMENTO COLABORATIVO COMO FONTE DE DADOS PARA O PLANEJAMENTO URBANO - DESAFIOS E POTENCIALIDADES. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [S. I.], v. 11, 2019. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/Urbe/article/view/24666>. Acesso em: 12 nov. 2025.

MAHABIR, Ron et al. The role of OpenStreetMap in supporting sustainable development and disaster risk reduction. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 6, p. 1–23, 2020. DOI: 10.3390/ijgi9060383.

MERCHANT, D. C. Spatial Accuracy Standards for Large Scale Line Maps. In: **AMERICAN CONGRESS ON SURVEYING AND MAPPING**, 42., 1982, Falls Church. Proceedings [...]. Gaithersburg: ACSM, 1982. v. 1, p. 222-231.

MOBASHERI, Amin et al. Assessing the completeness of OpenStreetMap road data for emergency routing. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 6, n. 11, p. 1–19, 2017. DOI: 10.3390/ijgi6110348.

NEIVAS, G. S. **Visualização da qualidade de dados do mapeamento colaborativo no contexto de desastres**. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas), UFPR, 2023.

NOGUEIRA JR., J. B. **Controle de qualidade de produtos cartográficos**: uma proposta metodológica. 2003. Tese (Doutorado em Ciências Cartográficas) -

Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2003. Disponível em: repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/2a484db4-cd32-48fe-83d1-9017ae4e64b5/content. Acesso em: 12 nov. 2025.

NOVAES, A. R. Favelas and the Divided City: Mapping silences and calculations in Rio de Janeiro's journalistic cartography. **Social & Cultural Geography**, v. 15, n. 2, p. 201–225, 2014. DOI: 10.1080/14649365.2013.872285. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14649365.2013.872285>. Acesso em: 8 nov. 2025.

OPENSTREETMAP. OpenStreetMap stats. 2025. Disponível em: https://planet.openstreetmap.org/statistics/data_stats.html. Acesso em: 20 nov. 2025.

OPENSTREETMAP WIKI. Página principal. 2025. Disponível em: <https://wiki.openstreetmap.org/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

O'REILLY, T. What is Web 2.0: Design patterns and business models for the next generation of software. **Communications & Strategies**, v. 65, n. 1, 2007. Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=1008839>. Acesso em: 12 nov. 2025.

PERLMAN, J. **Favela**: Four decades of living on the edge in Rio de Janeiro. New York: Oxford University Press, 2010. Disponível em: <https://archive.org/details/favelafourdecade0000perl>. Acesso em: 8 nov. 2025.

POIANI, T. H. et al. Potential of collaborative mapping for disaster relief: a case study of OpenStreetMap in the Nepal earthquake 2015. In: **HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES (HICSS)**, 49., 2016. Proceedings [...]. 2016. DOI: 10.1109/HICSS.2016.31. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002775517>. Acesso em: 8 nov. 2025.

SLUTER, C. R. et al. Proposal for topographic map symbols for large-scale maps of urban areas in Brazil. **The Cartographic Journal**, v. 55, n. 4, p. 362-377, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5194/ica-abs-1-342-2019>.

ZHANG, H.; MALCZEWSKI, J. Accuracy evaluation of the Canadian OpenStreetMap road networks. **International Journal of Geospatial and Environmental Research**, v. 5, n. 2, 2017. Disponível em: <https://ijger-ojs-txstate.tdl.org/ijger/article/view/69/45>. Acesso em: 12 nov. 2025.

Sobre os Autores

Nathan Damas Antonio é doutorando em Ciências Geodésicas pela UFPR, focado em Qualidade de Dados Geoespaciais, Informação Geográfica Voluntária, Mapeamento Colaborativo, mobilidade urbana, análise de dados espaciais e interoperabilidade semântica, com um forte compromisso em avançar a qualidade e acessibilidade dos dados geoespaciais.

Elias Nasr Naim Elias é professor do departamento de Engenharia Cartográfica da UERJ e doutor em Ciências Geodésicas pela UFPR. Possui experiência em Geociências, com ênfase em Cartografia, Qualidade de dados Geoespaciais e Mapeamento Colaborativo.

Irving da Silva Badolato é professor no departamento de Engenharia Cartográfica da UERJ, com foco em computação aplicada, possui mestrado em engenharia de sistemas e computação pela COPPE/UFRJ e atualmente cursa o doutorado em ciências computacionais e modelagem matemática no IME/UERJ.

Silvana Philippi Camboim é Professora do Departamento de Geomática da Universidade Federal do Paraná (UFPR), doutora em Ciências Geodésicas, com atuação em Cartografia, GIScience e Infraestruturas de Dados Espaciais. É bolsista de Produtividade em Pesquisa e membro do Comitê de Assessoramento (CA) de Geociências do CNPq. Atua em comissões e redes internacionais, sendo membro da Associação Internacional de Cartografia (International Cartographic Association – ICA), da Sociedade Internacional de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto

(International Society for Photogrammetry and Remote Sensing – ISPRS), da Fundação Open Source Geospatial (Open Source Geospatial Foundation – OSGeo) e da comunidade OpenStreetMap (OSM). É editora-chefe do Boletim de Ciências Geodésicas.

Marcio Augusto Reolon Schmidt é doutor em Ciências Geodésicas pela Universidade Federal do Paraná, trabalha na interface das Geociências e Métodos Inteligentes com foco em Cartografia. É docente da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia e atualmente é membro da Comissão de Educação e Capacitação da Associação Internacional de Cartografia (ICA).

Contribuições dos Autores

Conceituação, [N.D.A; E.N.N.E; I.S.B.; S.P.C.; M.A.R.S.]; metodologia, [N.D.A.; E.N.N.E.; I.S.B.]; software [E.N.N.E; I.S.B.]; validação, [N.D.A.; E.N.N.E.; I.S.B.]; análise formal, [N.D.A; E.N.N.E; I.S.B.]; redação—preparação do rascunho original, [N.D.A.; E.N.N.E.; I.S.B.]; redação—revisão e edição [N.D.A; E.N.N.E; I.S.B.; S.P.C.; M.A.R.S.]; supervisão, [S.P.C.; M.A.R.S.]. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Conflitos de Interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Sobre a Coleção Estudos Cariocas

A Coleção Estudos Cariocas (ISSN 1984-7203) é uma publicação de estudos e pesquisas sobre o Município do Rio de Janeiro, vinculada ao Instituto Pereira Passos (IPP) da Secretaria Municipal da Casa Civil da Prefeitura do Rio de Janeiro.

Seu objetivo é divulgar a produção técnico-científica sobre temas relacionados à cidade do Rio de Janeiro, bem como sua vinculação metropolitana e em contextos regionais, nacionais e internacionais. Está aberta a quaisquer pesquisadores (sejam eles servidores municipais ou não), abrangendo áreas diversas - sempre que atendam, parcial ou integralmente, o recorte espacial da cidade do Rio de Janeiro.

Os artigos também necessitam guardar coerência com os objetivos do Instituto, a saber:

1. Promover e coordenar a intervenção pública sobre o espaço urbano do Município;
2. Prover e integrar as atividades do sistema de informações geográficas, cartográficas, monográficas e dados estatísticos da Cidade;
3. Subsidiar a fixação das diretrizes básicas ao desenvolvimento socioeconômico do Município.

Especial ênfase será dada no tocante à articulação dos artigos à proposta de desenvolvimento econômico da cidade. Desse modo, espera-se que os artigos multidisciplinares submetidos à revista respondam às necessidades de desenvolvimento urbano do Rio de Janeiro.