



Mapeamento colaborativo em caso de desastres: análise da qualidade de dados do OpenStreetMap e o ciclone Idai em Moçambique

Collaborative disaster mapping: OpenStreetMap data quality analysis and Cyclone Idai in Mozambique

Idalécio Pascoal Joaquim ; Adriana Alexandria Machado ; Silvana Philippi Camboim*

Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

Recebido (Received): 13/01/2023
Aceito (Accepted): 21/05/2024

E-mail: idalecio.comundela@gmail.com (IPJ); adri.alexandria@gmail.com (AAM)

*Email para correspondência: silvanacamboim@gmail.com

Resumo: Em 2019, a Cidade da Beira em Moçambique foi assolada pela passagem do ciclone tropical Idai, deixando 90% da cidade destruída com mais de 600 vítimas fatais e milhares de pessoas necessitando de serviços essenciais de saúde. O mapeamento sistemático do país está desatualizado e com cobertura desigual, o que torna difícil a tomada de decisão face à vulnerabilidade constante do país a eventos como este. O mapeamento colaborativo do OpenStreetMap (OSM) tem sido considerado como alternativa em caso de ausência de mapas oficiais. Em caso de desastres, os contribuidores da organização Humanitarian OpenStreetMap Team (HOT) se unem para gerar dados geoespaciais de modo imediato para apoiar o resgate e assistência às populações desalojadas. Moçambique foi beneficiado com 64 campanhas de mapeamento humanitário, que produziram dados vitais para a preparação para os próximos desastres. Este artigo apresenta um método para avaliar os parâmetros intrínsecos de qualidade dos dados OSM produzidos entre 2015 e 2019 para a Cidade da Beira e analisar a influência das campanhas da HOT nas atividades relacionadas ao ciclone Idai. A análise dos resultados mostra que, apesar do grande volume de dados obtido, a maior parte deles foi gerada por usuários de outros países, carecendo de toponímia e da inclusão das comunidades locais. Esta experiência mostra a importância do estabelecimento de comunidades locais de mapeadores como a rede YouthMappers, para que seja fomentada a criação e uso de dados espaciais colaborativos para a preparação e resposta a desastres em contraponto ao colonialismo de dados.

Palavras-chave: Informação geográfica voluntária; Mapeamento humanitário; Desastres climáticos.

Abstract: In 2019, the city of Beira in Mozambique was ravaged by the passage of tropical cyclone Idai, which destroyed 90% of the city with over 600 fatalities and thousands of people needing essential health services. Systematic mapping of the country is outdated and uneven in coverage, making decision-making difficult given the country's constant vulnerability to events like this. OpenStreetMap (OSM) collaborative mapping has been considered an alternative in the absence of official maps. In disasters, contributors to the Humanitarian OpenStreetMap Team (HOT) come together to generate geospatial data immediately to support rescue and assistance to displaced populations. Mozambique has benefited from 64 humanitarian mapping campaigns, which have produced vital data to prepare for upcoming disasters. This paper presents a method to assess the intrinsic quality parameters of OSM data produced between 2015 and 2019 for the city of Beira and analyse the influence of HOT campaigns on activities related to Cyclone Idai. The analysis of the results shows that, despite the large volume of data obtained, most of them were generated by users from other countries, lacking toponyms and the inclusion of local communities. This experience shows the importance of establishing local communities of mappers, such as the YouthMappers network so that creating and using collaborative spatial data for disaster preparedness and response is fostered in counterpoint to data colonialism.

Keywords: Volunteered geographic information; Humanitarian mapping; Climate disasters.

1. Introdução

No dia 14 de março de 2019, a cidade da Beira, em Moçambique foi assolada pela passagem do ciclone tropical Idai, de categoria 4, com ventos fortes (180 - 220 km/h) e chuvas intensas (mais de 200 mm em 24

horas), deixando 90% da cidade destruída com mais de 600 vítimas mortais, 1.641 feridos e um milhão de pessoas necessitando de serviços essenciais de saúde (INGC, 2019a). No entanto, a Agência Nacional de Mapeamento (ANM) do país, Centro Nacional de Cartografia e Teledetecção (CENACARTA) depara-se atualmente com fraca capacidade técnica no uso de novas tecnologias e um mapeamento sistemático desatualizado com cobertura desigual das cartas topográficas (MOÇAMBIQUE, 2006). Esta situação torna difícil a tomada de decisão sobre medidas de prevenção, mitigação e planejamento face à vulnerabilidade constante do país a eventos extremos como cheias, ciclones e secas (MICOA, 2002).

O mapeamento colaborativo de plataformas como o *OpenStreetMap* (OSM) tem sido estudado e utilizado em países desenvolvidos e em desenvolvimento como fonte alternativa de dados para atualização do mapeamento de referência (TOUYA et al., 2017; HERFORT et al., 2022). Em caso de desastres naturais, os contribuidores do OSM se unem para gerar dados geoespaciais para ação imediata a fim de apoiar as organizações envolvidas no resgate e assistência às populações desalojadas (HAKLAY et al., 2018). Até maio de 2020, Moçambique foi alvo de 64 campanhas de mapeamento humanitário, sendo quatro da *Humanitarian Openstreetmap Team* (HOT) (HOT, 2020) ligados ao ciclone Idai para a cidade da Beira e arredores que resultaram a nível nacional no mapeamento de 711.255 edificações, 63.342km de vias e a participação de 6.015 mapeadores (HOT, 2020). Associados a tais projetos estão organizações tais quais *Médecins Sans Frontières*, Banco Mundial, Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (USAID), *American Red Cross*, *British Red Cross* e a *Bing* (HOT, 2020).

Esses dados demonstram o impacto positivo dos esforços de mapeamento humanitário para melhorar a completude de dados geográficos, mas também revelam a necessidade de abordar a desigualdade gritante na geração dos dados, que varia significativamente entre os países. Uma análise espaço-temporal da história completa do OSM de 2008 a 2020 mostrou que, em geral, os dados da plataforma são gerados nas regiões com alto Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) (HERFORT et al., 2022). Já o mapeamento humanitário foi predominantemente voltado a regiões com médio e baixo IDH e apesar desses esforços, essas regiões representaram apenas 28% das edificações e 16% das vias mapeadas, embora comporem 46% da população global (HERFORT et al. 2021).

Estudos têm sido feitos (Young, 2019; Herfort et al., 2021) com o intuito de compreender se as formas de engajamento das novas tecnologias são compatíveis com as necessidades específicas das populações que estão fora do Norte Global urbano, visto que a maioria delas são produzidas por e para populações urbanas do Norte Global (YOUNG, 2019; HERFORT et al., 2022). A análise de Herfort et al. (2022) encontrou um total de 183 milhões de edificações no OSM e uma média global de 21% de completude por centro urbano. Para a Europa e Ásia Central (67%) e para América do Norte (56%) foi estimada completude relativamente alta. A completude da África Subsaariana (29%) foi ligeiramente superior à global, onde cerca de 43% de todas as edições de edificações estavam relacionadas a atividades de mapeamento humanitário.

De acordo com Elwood (2006) apesar dos novos atores no setor humanitário, os requisitos básicos para a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) não mudaram tanto: *internet* rápida, um computador, *tablet* ou telefone celular ainda são necessários para produzir os dados e gerar ferramentas de mapa. Por outro lado, a codificação desses dados continua a ser tarefa de um pequeno número de pessoas e organizações geralmente de fora da situação (SPECHT, 2020).

Não obstante a essa questão, Moçambique necessita dos dados produzidos pelo mapeamento humanitário para o seu mapeamento oficial e para se preparar para os próximos desastres naturais. Para que essas informações possam ser reaproveitadas é preciso saber qual foi o efeito das ações de mapeamento colaborativo e avaliar a qualidade dos dados produzidos.

Processos de mapeamento tradicionais, como a fotogrametria, que são a fonte dos mapas topográficos oficiais, seguem padrões que estabelecem os parâmetros mínimos dos elementos de qualidade, de acordo com a escala. De acordo com a *Infrastructure for Spatial Information in Europe* (INSPIRE, 2023), os elementos de qualidade dos dados geoespaciais caracterizam as propriedades inerentes aos dados geográficos, permitindo ao usuário avaliar sua aptidão para uso. Tais elementos são tradicionalmente descritos pela norma ISO 19157:2013 (ISO, 2013) e no Brasil pela Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais (ET-CQDG) (DSG, 2016) que abrangem: completude, acurácia posicional, acurácia temática, acurácia temporal, consistência lógica e usabilidade. Com exceção do último, esses elementos são mensurados através da comparação de parâmetros entre a base a ser avaliada e outros dados de qualidade conhecida, como pontos de apoio mensurados em campo. No entanto, dados oriundos do mapeamento colaborativo não seguem técnicas padronizadas; cada elemento pode ter sido coletado de formas diversas, seja pela interpretação de imagens de satélite de diferentes datas ou por medições em campo utilizando receptores *GNSS*. Nesse contexto, os parâmetros não são uniformes como em uma base de dados

tradicional. Inicialmente, pesquisas sobre a qualidade dos dados do *OpenStreetMap* adotaram os parâmetros tradicionais, focando, sobretudo, na acurácia posicional. Para essa avaliação, pontos homólogos entre o OSM e um mapa de referência oficial foram empregados (Hacklay, 2010). Entretanto, nem sempre há uma base de referência disponível. Por isso, desde Haklay *et al.* (2010), sugere-se a aplicação da abordagem derivada da "Lei de Linus", familiar à comunidade *open source*, que propõe que a qualidade tende a aumentar com a quantidade de contribuidores. Assim, foram sugeridos métodos de avaliação intrínseca de qualidade, primeiramente através da análise do número de colaboradores em uma região específica. O conjunto de parâmetros intrínsecos se expandiu ao longo dos anos, conforme ilustrado na **Figura 1**. Em contraste, a metodologia tradicional, utilizando métricas comparativas, refere-se à mensuração de parâmetros extrínsecos da qualidade. Em Paiva e Camboim (2022), é descrito um experimento feito com dados brasileiros em que a inferência da acurácia posicional (extrínseca) através de parâmetros intrínsecos revela um erro de menos de 4 metros para 92,9% de pontos de uma base.

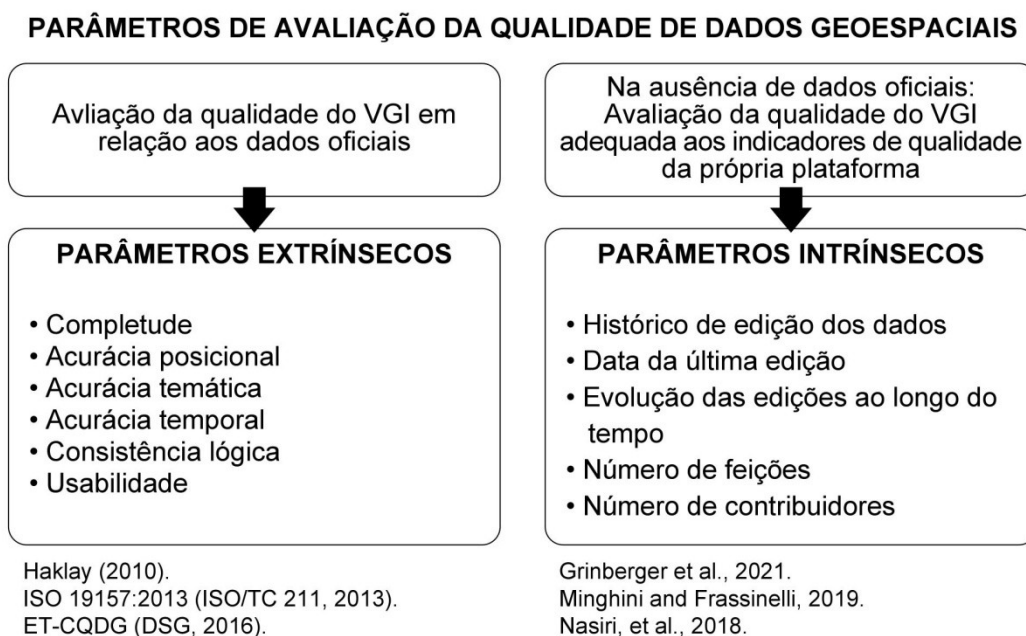


Figura 1: Parâmetros de avaliação da qualidade de dados geoespaciais.

Alguns estudos recentes na literatura têm também avaliado a qualidade intrínseca dos dados gerados especificamente sob a influência do Ciclone Idai, em Moçambique. Petricola *et al.* (2022) combinaram dados da rede viária e de edificações de saúde do OSM, com dados demográficos, administrativos e máscaras de inundação baseadas em imagens de satélite, para avaliar um indicador de criticidade da infraestrutura rodoviária como apoio aos planos de preparação e mitigação de acessibilidade à saúde relacionadas a desastres. Madubedube *et al.* (2021) aplicaram o método *k-means clustering* de *machine learning* não supervisionado para analisar o histórico de contribuição dos dados do OSM e classificar os contribuidores. HAO *et al.* (2020) criaram um método para mapear as áreas construídas ausentes do OSM que necessitam ser mapeadas futuramente para o caso de desastres naturais, a partir da integração de dados de redes sociais e de sensoriamento remoto.

Ao estudar a evolução temporal de parâmetros intrínsecos dos dados provenientes do OSM, nos períodos anteriores e posteriores à tragédia, esta pesquisa visa contribuir com os estudos sobre a qualidade intrínseca do mapeamento colaborativo, sobretudo os motivados por desastres naturais ou crises humanitárias.

2. Materiais e método

2.1. Caracterização da área de estudo

O relatório do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) de 2018 referente ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), atribuiu a Moçambique o valor 0,437 e a posição 180º de 189 países. O Produto Interno Bruto (PIB) per capita é o mais baixo do mundo: 453 dólares. A esperança de vida é de 53,7 anos. A taxa de analfabetismo no país está na ordem dos 39%. O setor primário é o principal em termos de abrangência da força de trabalho (66,8%), caracterizado pelas atividades agrícolas, silvicultura, pesca e

extração mineira. O saneamento é precário, dominado por latrinas tradicionais e 51,3% da população recorre a fontes de água não segura para beber (INE, 2019).

O acesso a Tecnologias de Informação e Comunicação depende do tipo de fonte de energia. O último censo (2017) mostra que a maioria (41%) dos agregados familiares em Moçambique usa a pilha, (22,2%) recorre à energia elétrica e o restante usa lenha, petróleo e outros. Segundo a mesma fonte, (26,4%) da população detém telemóvel ou celular, (6,6%) têm acesso à *internet* e (4,4%) da população usa computador (INE, 2019).

O país organiza-se em províncias. As províncias são estruturadas por distritos, que por sua vez organizam-se em postos administrativos, estes em localidades, e as localidades em povoações compostas de aldeias. A província é a maior unidade territorial do país com uma cidade como capital. Moçambique contabiliza 11 províncias, entre elas a de Sofala, na qual se localiza a Cidade da Beira. A Cidade da Beira é a segunda maior do país depois da capital Maputo e seus limites estão definidos conforme representado na **Figura 2**.

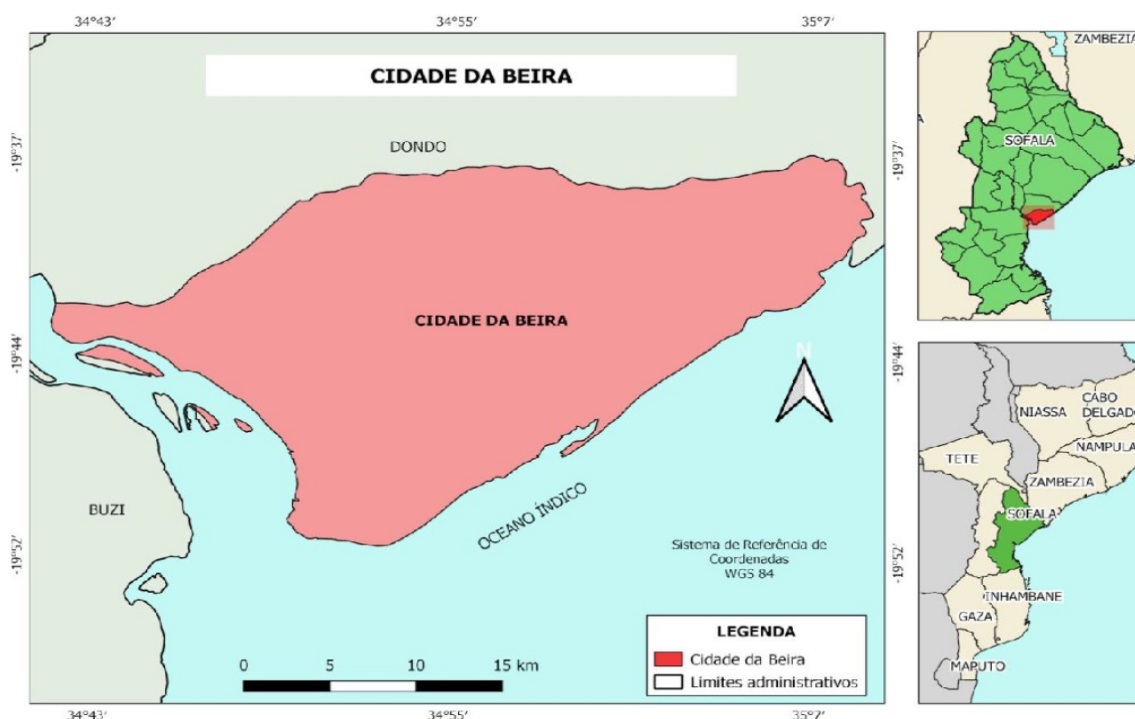


Figura 2: Mapa da área de estudo. Fonte: os autores.

A Cidade da Beira tem uma extensão de 631 km² distribuída em cinco postos administrativos e 26 bairros. A população estimada é de 592.090 habitantes com uma densidade de 938 hab./km² (INE, 2019). O posto administrativo Central apresenta maior densidade populacional (159.332 hab.), dado que integra os bairros mais antigos que deram origem a cidade, assim como, o início do processo de urbanização do município, seguido dos postos administrativos mais distantes Inhamizua (126.870 hab.), Munhava (86.948 hab.), Manga Loforte (49.768 hab.) e Nhangau (8.665 hab.).

2.2. Avaliação dos parâmetros intrínsecos da qualidade

Em um primeiro momento, foram levantados os dados de entrada: a base cartográfica da Cidade da Beira foi adquirida junto ao Instituto Nacional de Gestão de Calamidades (INGC) (INGC, 2019b). Os dados do *OpenStreetMap* foram adquiridos a partir da *Ohsome API* (AUER *et al.*, 2018). Foram selecionadas as feições referentes às vias (*key:highway*) e edificações (*key:building*), além do número de contribuidores, para o período entre 01 de janeiro de 2015 a 01 de julho de 2019. Todo o processo de análise, manipulação e organização dos dados espaciais foi realizado usando o *software* livre *QGIS*.

A avaliação dos indicadores de qualidade dos dados OSM na Cidade da Beira foi feita através da verificação de parâmetros intrínsecos em relação à quantidade de vias e edificações mapeadas e número de contribuidores. No primeiro momento, foi analisada a evolução anual da rede viária e edificações OSM para o período estabelecido. Em seguida, foi verificada a densidade das vias e edificações ao nível dos bairros da

Cidade da Beira. Também foi analisada a dimensão de vias classificadas com e sem nome. Por fim, foi verificada a variação anual do número de contribuidores. A **Figura 3** apresenta as etapas de avaliação intrínseca de qualidade, as quais são descritas a seguir.

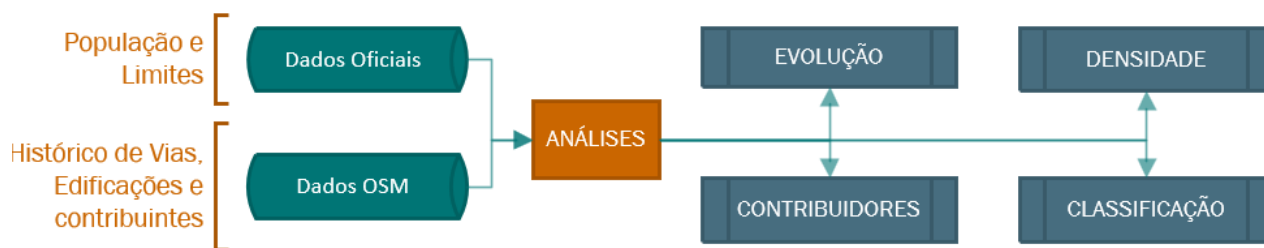


Figura 3: Fluxograma das etapas de avaliação dos parâmetros de qualidade. Fonte: os autores.

3. Resultados e discussão

3.1. Evolução da rede viária

A **Figura 4** apresenta os resultados referentes à evolução anual da rede viária para a Cidade da Beira. Verificou-se uma variação notável em termos de crescimento ou cobertura da rede, sobretudo a partir de 2018. O comprimento das vias teve um crescimento de aproximadamente 12 vezes entre 2015 e 2019. Segundo a distribuição espacial da rede viária na área de estudo, o mapeamento nos primeiros três anos abrangeu as vias principais ou avenidas da área urbanizada. Em 2018 houve um crescimento das vias principais também nos bairros afastados do centro da cidade. O ano de 2019 apresentou uma cobertura considerável contemplando além de vias principais, ruas da área urbana e caminhos ou vias residenciais que não dispõem de topônimos.

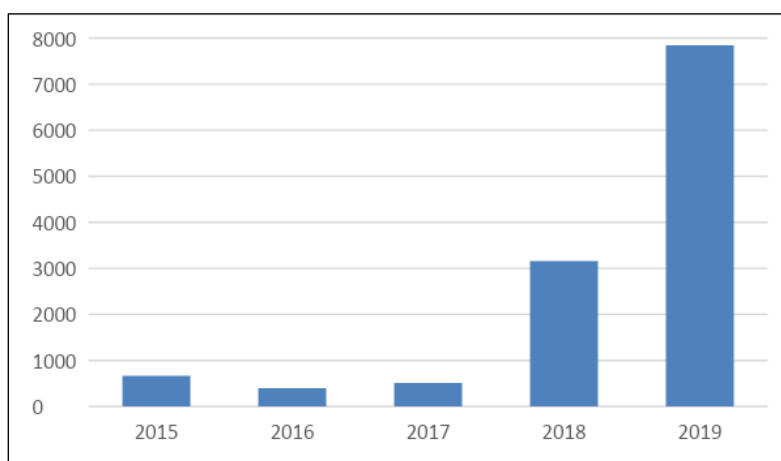


Figura 4: Gráfico da evolução anual da rede viária em quilômetros no OSM. Fonte: os autores.

Das consultas feitas sobre o histórico dos dados, as contribuições decorridas de 2015 a 2018 podem ser atribuídas ao processo normal de participação dos cidadãos na integração de principais vias urbanas e atividades de logística. Em 2019 o acentuado crescimento de edições sobre as vias OSM teve influência das campanhas de mapeamento sobre o ciclone Idai e o lançamento dos projetos *Hotosm - Project - 5839 #Cyclone Idai #Missing Maps #Mozambique Request for Basemap e, Hotosm - Project - 5903 #Cyclone Idai #Missing Maps #Mozambique - Digitizing roads and waterways*.

Na época em que este estudo foi realizado, não foram consideradas ferramentas de inteligência artificial (IA), tanto para análise dos dados quanto a sua influência no processo de mapeamento. O editor *RapiD* (<https://github.com/facebook/Rapid/releases>), principal ferramenta de apoio a geração de dados colaborativos no OSM com inteligência artificial, foi lançado em 2021, após o período analisado. Entretanto, a utilização de ferramentas de inteligência artificial é um fator que tem colaborado para o aumento da velocidade de mapeamento de vias e edificações (Fila e Stampach, 2022) e até mesmo da qualidade dos dados mapeados (Klimes, 2023).

3.2. Evolução do número de edificações mapeadas

A **Figura 5** apresenta os resultados da contagem de edificações, para a qual foi verificada uma variabilidade anual acentuada na evolução dos dados. O número de edificações de 2019 em relação ao primeiro ano aumentou em cerca de 6.500 vezes. Embora no ano de 2016 tenha sido registrado um aumento significativo, a sua diferença em relação ao ano de 2019, acentuou-se em aproximadamente 11 vezes. De acordo com histórico sobre comentários dos dados, as edições sobre os anos de 2015, 2017 e 2018 estão relacionadas a serviços comerciais ou turismo. No ano de 2016 houve aumento relativo no número de edificações mapeadas devido a uma campanha de mapeamento de prevenção de desastres apoiada pelo Banco Mundial em conjunto com o *Humanitarian OpenStreetMap Team (Projeto Missing Maps - <https://www.missingmaps.org/>)*, projeto colaborativo *Ramani Huria (<https://ramanihuria.org/en/>)* e a organização *Health Alliance International (<https://www.healthallianceinternational.org/mz/>)*, com foco no mapeamento de edificações.

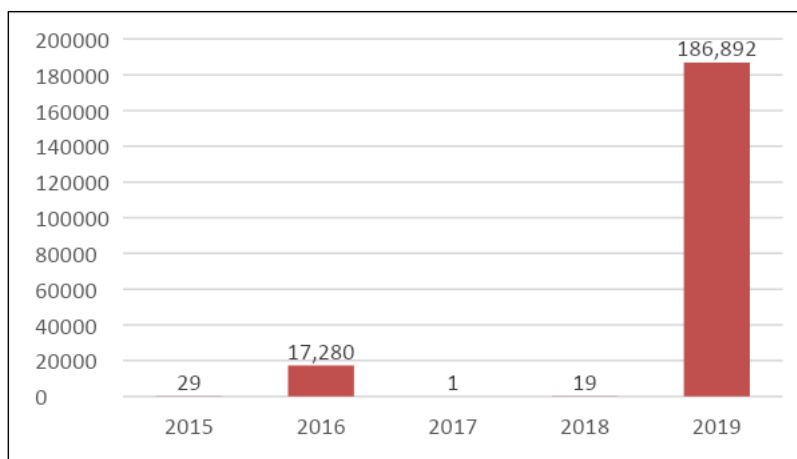


Figura 5: Gráfico da contagem anual do número de edificações. Fonte: os autores.

3.3. Densidade da Rede Viária mapeada

Os mapas apresentados na **Figura 6** mostram os resultados para o ano inicial e final da amostra temporal da evolução da densidade da rede viária em função da área (bairro) de concentração dos elementos do OSM.

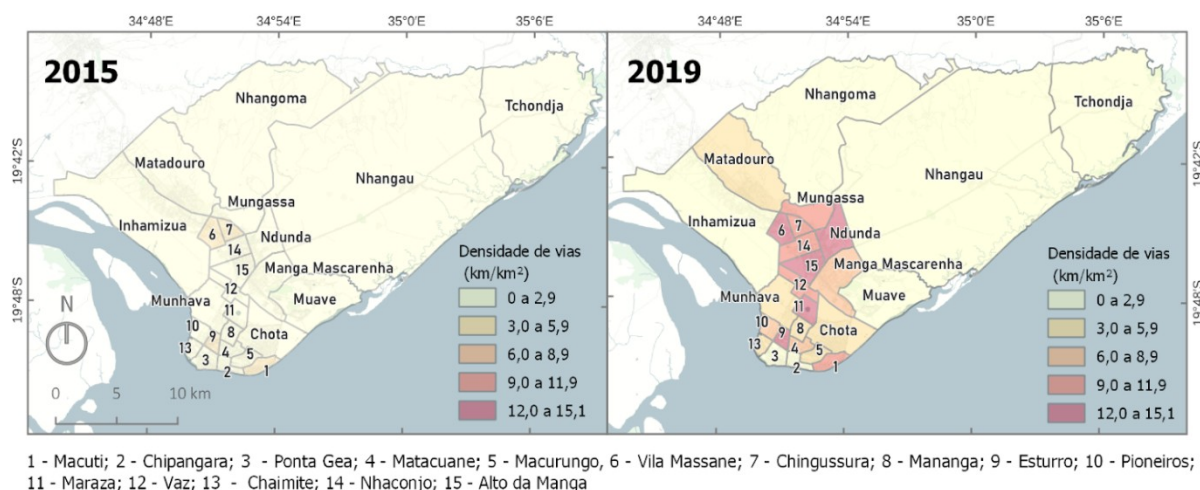


Figura 6: Mapas da densidade da rede viária mapeada por bairro em 2015 e 2019. Fonte: os autores.

Em 2015, a densidade média dos bairros era de 1,32 km de vias por km^2 . Alguns, tais como Vila Massane, Esturro, Macuti e Chingussura já ultrapassavam os 3 km de vias por km^2 . No ano seguinte, 2016, as densidades acima de 3 km/km^2 , abrangeram também os bairros de Ndunda, Alto da Manga, Manga Mascarenha, Vaz e Maraza. Para o ano 2017 alguns bairros já possuíam densidades acima de 6 km/km^2 representando um crescimento de 3 km/km^2 em relação ao ano anterior nos bairros de Vaz, Maraza, Esturro, Pioneiros e Macurungo. O aumento mais significativo aconteceu no ano de 2019, ano da ocorrência das

atividades de mapeamento em decorrência do ciclone IDAI, com 18 bairros apresentando mais de 3 km de vias mapeadas por km². Vale ressaltar que os bairros Muave, Inhamizua, Nhangau, Nhangoma e Tchondja têm características rurais, com densidade demográfica abaixo dos 300 habitantes por km², segundo uma das características utilizadas para classificação no Brasil, em IBGE (2017). Portanto, é esperado nesses bairros menos vias e edificações.

A densidade da rede viária mapeada melhorou gradativamente ao longo dos cinco anos, principalmente nos bairros localizados no centro da cidade, os quais integram a maior parte da população, serviços e infraestrutura urbana. Os bairros mais afastados do centro, considerados áreas de expansão e caracterizados por baixa densidade populacional e ocupação residencial dispersa, apresentaram menor expressividade em termos de densidade de elementos do OSM. Esses resultados vão ao encontro das afirmações de Haklay (2010), de que a cobertura de dados em áreas socialmente marginais, como áreas rurais, periféricas ou pobres têm menor participação dos cidadãos devido a barreiras socioeconômicas.

3.4. Densidade de edificações mapeadas

A densidade das edificações foi analisada pelos totais anuais em número de edificações por quilômetro quadrado. A **Figura 7** apresenta os mapas para os anos de 2015 e 2019. Em 2015 tínhamos apenas bairros com mais de uma edificação mapeada por km²: Vaz, Munhava e Pioneiros. A média era de menos de 10 edificações por km². Já em 2019, todos os bairros tinham edificações mapeadas, com uma média de 7188 edificações por km².

Os anos de 2015, 2017 e 2018 foram caracterizados por baixa atividade de mapeamento e os anos de 2016 e 2019 caracterizados por uma intensidade mais elevada. No ano de 2016 houve uma quantidade maior de edificações mapeadas devido à necessidade de dados para saúde pública. As áreas localizadas no centro da cidade continuaram tendo maior cobertura de elementos mapeados em relação às periféricas. Esta situação pode estar relacionada com o fato de áreas menos próximas do centro da cidade como Manga e Nhangau serem zonas de expansão urbana e apresentarem baixa densidade populacional. Novamente, o ano de 2019 se apresentou como destaque na intensidade de mapeamento das edificações.

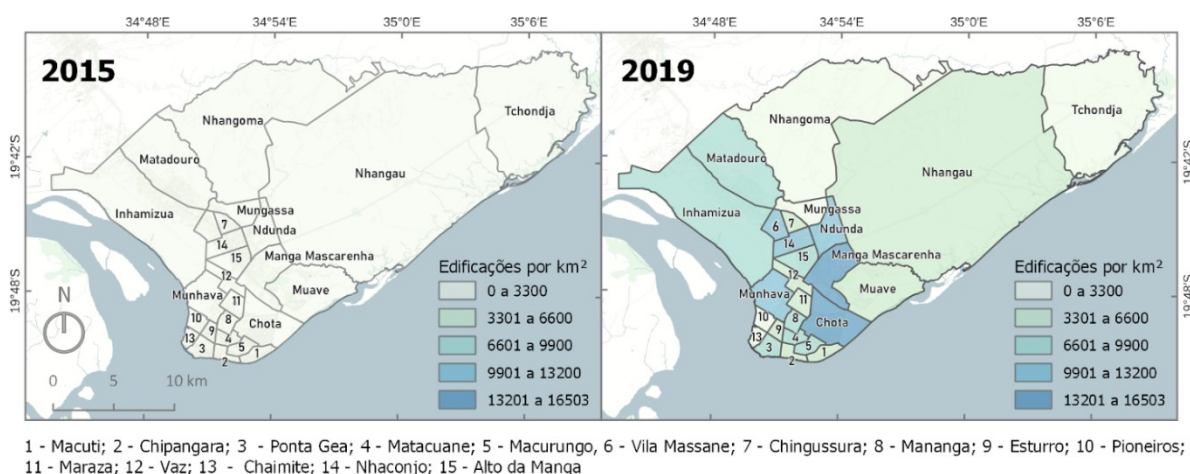


Figura 7: Mapa do número de edificações mapeadas por km² por bairro 2015 e 2019. Fonte: os autores.

A África é um pólo fundamental na transição global para um mundo predominantemente urbano (Croese *et al.*, 2021). No entanto, as áreas de rápida expansão urbana carecem de serviços básicos, infraestrutura e equipamentos, o que pode resultar em uma menor participação dos cidadãos no mapeamento. Esta questão é ainda mais relevante ao se considerar a vulnerabilidade climática de tais assentamentos (ARAÚJO, 2003; ŽIVKOVIĆ, 2019). Stone (1965) apud Finch e Trewartha (1942) definiram um assentamento como (tradução livre) “uma colônia organizada de seres humanos juntamente com os edifícios nos quais eles vivem ou que utilizam e os caminhos ou ruas que percorrem”. É necessário também considerar, que a participação dos cidadãos nas plataformas de mapeamento colaborativo requer o acesso à *internet*, computador, *smartphone*, domínio do idioma, disponibilidade de tempo e capacidade técnica, recursos estes que são escassos em Moçambique, principalmente em áreas periféricas (NEIS *et al.*, 2013).

3.5. Classificação das Vias

A extensão em quilômetros das vias identificadas em 2019 com o atributo nome foi de 836,34 km, já a das vias não identificadas 13839,5 km. A extensão de vias não identificadas é aproximadamente 17 vezes superior à extensão das vias identificadas com o nome, as quais se distribuem pelo centro da cidade.

Como referido por Neis *et al.* (2012), a predominância de uma rede viária sem nome pode estar relacionada com o fato de tratar-se de vias inseridas em áreas residenciais, assim como a falta de conhecimento local por parte dos contribuidores. Camboim *et al.* (2015), acrescentaram que pode ser devido a participações remotas dos mapeadores, dado que as contribuições derivam de usuários a nível global, sobretudo em casos de projetos de mapeamento humanitário.

A falta de nomes das vias nas áreas afastadas do centro pode estar associada ao fraco processo de planeamento físico do espaço, contemplando a respectiva toponímia para a identificação de vias, residências e equipamentos, fato que se verifica em alguns bairros de expansão nas cidades moçambicanas. Quanto aos bairros localizados no centro da cidade, pode estar relacionado com a falta de fixação ou vandalismo das placas de identificação.

3.6. Número de contribuidores

Os resultados referentes ao número de contribuidores do OSM por mês são apresentados em dois gráficos. A **Figura 8** mostra o número de participações mensais na edição de vias. Para os anos de 2015 a 2018, o número registrado foi abaixo de 15 contribuidores, embora com um relativo aumento no mês de maio. O mês de março de 2019 apresenta o mais elevado número de contribuidores, em torno de 350, seguido pelo mês de maio que registrou um total de 75 contribuidores. Entretanto, é notável a queda no ritmo de colaboradores no mês de junho, ao ponto de igualar-se ao nível dos anos anteriores, com menos de 15 colaboradores. Verifica-se uma variabilidade acentuada em termos de colaborações ao longo do período com o ápice no ano de 2019.

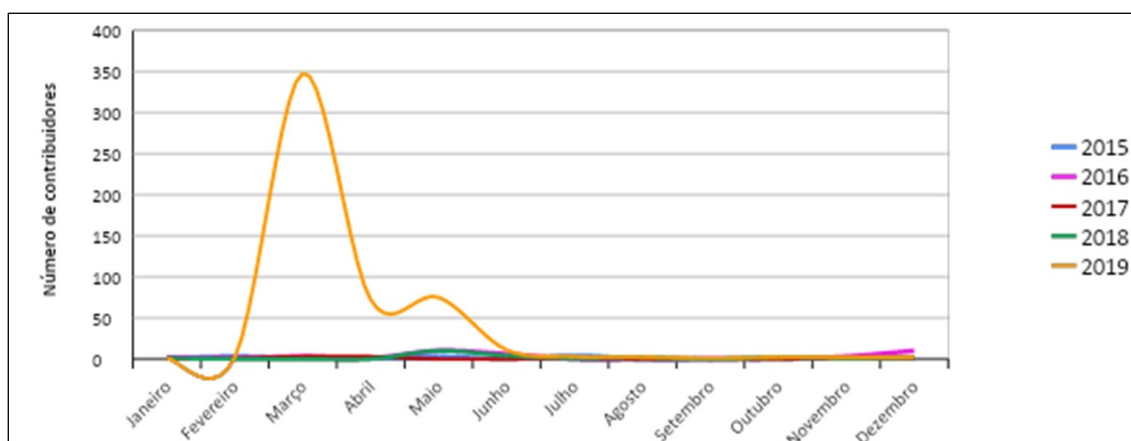


Figura 8: Colaborações anuais no mapeamento de vias. Fonte: os autores.

Em relação à participação de contribuidores na edição de edificações representada na **Figura 9**, é notável o fraco nível de colaboradores nos anos de 2015, 2017 e 2018 estimado em menos de 10 para todos os meses. Em maio e junho de 2016 houve um aumento atingindo 30 mapeadores. Março de 2019 teve 450 contribuidores no mapeamento de edificações, seguido por um ligeiro aumento em relação aos anos anteriores no mês de maio, com cerca de 50 mapeadores.

Comparando os dois cenários sobre o número de contribuintes no mapeamento de vias e edificações, verifica-se semelhanças na sua variabilidade. Os primeiros quatro anos podem ser considerados de fraca participação e o último ano com o maior número de mapeadores. O fraco número de contribuidores nos primeiros anos sugere uma participação normal dos cidadãos na edição do mapa sobre áreas ou locais do seu interesse, sob motivações pessoais, econômicas ou negócios e serviços públicos ou privados. O ano de 2019, a maior quantidade no número de contribuidores, representa participações espontâneas, características da necessidade urgente dos dados devido aos interesses humanitários ou governamentais para a tomada de decisão na gestão de uma unidade territorial.

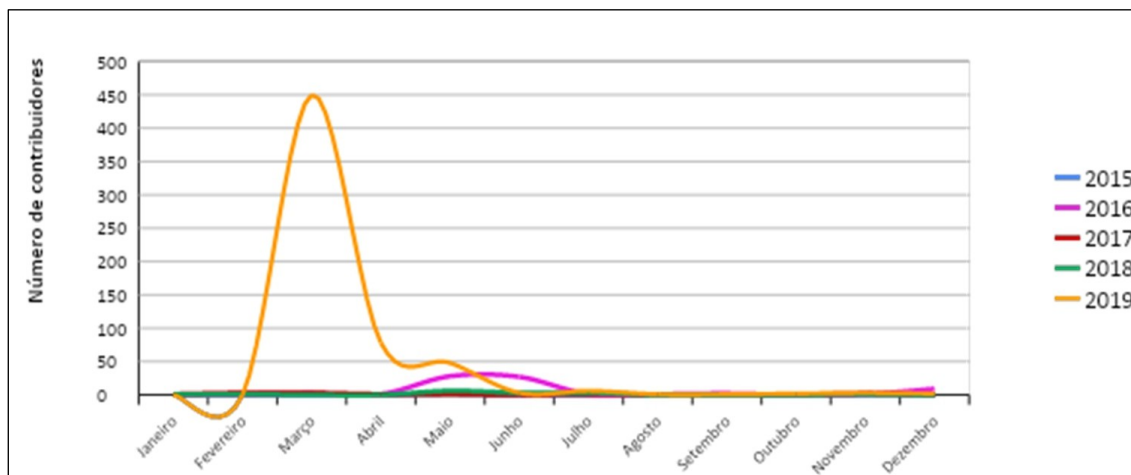


Figura 9: Colaborações anuais no mapeamento de edificações. Fonte: Os autores.

O aumento do número de contribuidores sobre uma determinada área melhora a qualidade dos dados OSM, pois a possibilidade de correção dos erros é maior (HAKLAY *et al.*, 2010). Mas, a sua variabilidade mensal mostra o número de contribuidores ativos ou que frequentemente participam na edição de feições sobre uma determinada área (BARRON *et al.*, 2014), fato este, verificado nos primeiros quatro anos onde a participação manteve-se baixa e constante durante o período analisado. Sendo assim é possível inferir que os contribuidores do ano de 2019 tiveram participação de usuários de outros países e não local. A falta de tags de topônimos (*name=**) sugere que as contribuições do ano de 2019 tiveram uma parcela significativa de contribuições remotas. Da análise dos resultados da avaliação dos parâmetros de qualidade e do histórico *changeset* dos contribuidores do OSM, foi possível verificar uma alta produção no mês de março de 2019 relacionada aos projetos da *HotOSM*, exatamente o período em que a Cidade da Beira foi assolada pelo ciclone Idai.

4. Conclusões e pesquisas futuras

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a evolução dos parâmetros de qualidade dos dados OSM na Cidade da Beira entre os anos de 2015 e 2019 e descrever a influência das atividades de mapeamento colaborativo da *HotOSM* por ocasião da passagem do ciclone Idai. A aplicação da metodologia proposta proporcionou resultados que permitiram descrever os parâmetros intrínsecos da qualidade dos dados do OSM através do seu histórico, indicadores demográficos e número de contribuidores.

Os resultados permitiram inferir que a melhoria na quantidade dos dados teve forte influência das campanhas de mapeamento organizadas em decorrência de desastres naturais e crises humanitárias, entretanto os dados produzidos carecem de atributos uma vez que seus contribuidores o fizeram remotamente. Assim, a comparação entre a densidade populacional e a densidade da rede viária e edificações não refletem as contribuições locais. Isso vai ao encontro das conclusões do estudo de Madubedube *et al.* (2021) de que os contribuidores que mais trabalharam na região eram experientes, o que foi confirmado pelo fato de que eles estiveram ativos por um período significativo, mantendo o interesse em contribuir com os dados. Estes contribuidores (apenas 25% do total) estavam associados a um alto número de contribuições (93% de todo o trabalho realizado).

A fraca contribuição local pode estar relacionada aos fatores de natureza socioeconômica, falta de conhecimento sobre o domínio de tecnologias aplicadas aos sistemas de mapeamento colaborativo, falta de treinamento e carência de iniciativas de mapeamento colaborativo em nível local, além da falta de infraestrutura e políticas sobre adoção de recursos de código aberto conforme constatado por Elwood (2006) e Neis *et al.* (2012). Madubedube *et al.* (2021) e Hertfort *et al.* (2022), reforçam que esse padrão de desigualdade na participação dos contribuidores do OSM, é frequentemente testemunhado em outros sistemas colaborativos, como MapSwipe e Ushahidi e na Wikipedia, por exemplo.

Sob esse aspecto é importante observar que embora tenha havido um significativo aumento do nível de participação no setor humanitário e enorme aumento dos dados produzidos, a participação e representação das comunidades permanece questionável e o poder do conhecimento permanece com os planejadores, os técnicos e cientistas ocidentais. Por sua vez, esses dados se tornam cada vez mais difíceis de analisar sem grande capacidade computacional (SPECHT, 2020).

Deste modo, recomenda-se para pesquisas e iniciativas futuras que visem envolver a comunidade local, provendo capacitação e treinamento. O cumprimento desta necessidade pode ser realizado através da interação com as universidades e comunidades de áreas vulneráveis sobre a importância da sua participação no processo de mapeamento. A participação da comunidade local pode auxiliar na validação das informações já mapeadas, tal como tem sido solicitado nos projetos da *HOT*, além de ser uma necessidade urgente dada a vulnerabilidade da região a novos desastres naturais. Nesse contexto, é necessário também melhorar os métodos de monitoramento das atividades de mapeamento colaborativo para identificar onde esses dados são necessários (HERFORT *et al.* 2021).

Indo ao encontro do que observaram Herfort *et al.* (2021), uma inclusão de fato requer uma comunidade local ativa com capacidade para gerar, manter e aprimorar dados geográficos que reflitam as perspectivas locais a longo prazo. Os futuros esforços de mapeamento deveriam promover métodos de geração de dados locais não apenas para produzir dados de alta qualidade, mas também para empoderar e apoiar as comunidades em adquirir novas perspectivas sobre seus territórios e novos potenciais de desenvolvimento.

A metodologia de mapeamento baseada em tarefas proposta pelo *Humanitarian OpenStreetMap Team* através do seu *Tasking Manager* pode resultar em uma concentração de esforços por um número menor de mapeadores experientes, em detrimento da maior diversidade de mapeadores iniciantes. Embora tal prática contribua para a realização rápida de mapeamentos de qualidade em casos de desastres, essa homogeneização pode prejudicar a diversidade no mapeamento, como discutido em Sloan *et al.*, 2024. Por outro lado, o uso de ferramentas com apoio de inteligência artificial, como o editor Rapid, pode ajudar a equilibrar essa relação, promovendo um mapeamento mais rápido e de melhor qualidade. Este equilíbrio entre conhecimento local, produtividade, atração e retenção de mapeadores e a contribuição de mapeadores experientes no mapeamento humanitário é um tema bastante promissor para pesquisas futuras.

O engajamento de movimentos como o *YouthMappers* – um consórcio livre de capítulos liderados por alunos em mais de 270 universidades em 65 países, que mobiliza jovens voluntários para criar dados espaciais abertos usando tecnologia digital aberta para desafios de desenvolvimento humanitário e sustentável (SOLÍS *et al.* 2020; SOLÍS & ZEBALLOS, 2023) – têm potencial para apoiar e capacitar as comunidades locais na geração de dados e expansão das perspectivas territoriais. A missão dos *YouthMappers* é de “não apenas construir mapas, mas construir mapeadores”. Os *YouthMappers* da Universidade de *Dar Es Salaam* foram muito ativos no mapeamento de edifícios em Moçambique em 2016. E a cidade de Maputo, em Moçambique conta com um capítulo na Universidade Eduardo Mondlane (SOLÍS *et al.* 2021). Considerando a realidade da área de estudo, recomenda-se para efeitos de correlação, a análise de fatores econômicos, sociais e culturais, os quais também têm grande impacto na vida das comunidades locais. Ainda como recomendações para pesquisas futuras, sugere-se a análise da utilização de ferramentas de inteligência artificial na produtividade dos dados gerados no OSM.

Referências

SKOPELITI, A. Measures and Indicators of VGI Quality: An Overview. In: ISPRS GEOSPATIAL WEEK 2015, 28 Sep - 03 Oct 2015, La Grande Motte, France: **Annals of the ISPRS Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, v.II-3-W5, 2015. p. 345-351.

ARAÚJO, M. G. M. de. Os Espaços Urbanos em Moçambique. **GEOUSP Espaço e Tempo**, v.7(2), 165-182, 2003. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892>.

AUER, M.; FENDRICH, S.; KOWATSCH, F.; RAIFER, M.; TROILO, R.; ECKLE, M.; GRIESBAUM, L.; MARX, S.; SCHOTT, M.; ZIPF, A. Towards using the potential of OpenStreetMap history for disaster activation monitoring. In: GEOSPATIAL TECHNOLOGIES AND GEOGRAPHIC INFORMATION SCIENCE FOR CRISIS MANAGEMENT (GIS). **Proceedings of the 15th ISCRAM Conference**, Rochester, NY, USA, 2018. p. 317-325.

BARRON, C.; NEIS, P.; ZIPF, A. A comprehensive framework for intrinsic OpenStreetMap quality analysis. **Transactions in GIS**, v.18(6), 877-895, 2014.

CAMBOIM, S.P.; BRAVO, J.V.M.; SLUTER, C.R. An investigation into the completeness of, and updates to, the Open Street Map data in a heterogeneous area in Brazil. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 4(3), 1366-1388, 2015.

- CROESE, S.; DOMINIQUE, M.; RAIMUNDO, I. M. Co-producing urban knowledge in Angola and Mozambique: towards meeting SDG 11. **npj Urban Sustainability**, v. 1(1), 1-10, 2021. <https://doi.org/10.1038/s42949-020-00006-6>.
- DSG – DIRETORIA DO SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRCITO BRASILEIRO. ET-CQDG – Especificação Técnica para Controle de Qualidade de Dados Geoespaciais, Brasília, 2016.
- ELWOOD, S. Critical issues in participatory GIS: deconstructions, reconstructions, and new research directions. **Transactions in GIS**, v.10(5), 693-708, 2006.
- FILA, M.; ŠTAMPACH, R. **The Use of Artificial Intelligence for Humanitarian Mapping**. 2022. Disponível em: <https://repozitar.cz/publication/52947/en/The-Use-of-Artificial-Intelligence-for-Humanitarian-Mapping/Fila-Stampach>. Acesso em: 20 maio 2024.
- FINCH, V.C.; TREWARTHA, G.T. **Elements of Geography, Physical and Cultural**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1942. 823p.
- GRINBERGER, A.Y.; SCHOTT, M.; RAIFER, M.; ZIPF, A. An analysis of the spatial and temporal distribution of large-scale data production events in OpenStreetMap. **Transactions in GIS**, 25(2), 622-641, 2021.
- HAKLAY, M. How Good is Volunteered Geographical Information? A Comparative Study of OpenStreetMap and Ordnance Survey Datasets. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 37(4), 682-703, 2010a. <https://doi.org/10.1068/b35097>.
- HAKLAY, M.; BASIOUKA, S.; ANTONIOU, V.; ATHER, A. How Many Volunteers Does It Take To Map An Area Well? The validity of Linus' law to Volunteered Geographic Information. **The Cartographic Journal**, v. 47(4), 315-322, 2010b.
- HAKLAY, M.; MAZUMDAR, S.; WARDLAW, J. Citizen Science For Observing and Understanding the Earth. In: MATHIEU, P.P., AUBRECHT, C. (eds) **Earth Observation Open Science and Innovation**. ISSI Scientific Report Series, v. 15. Springer, Cham., 69-88, 2018.
- HAO, L.; HERFORT, B.; HUANG, W.; MOHAMMED, Z.; 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, 41-51, 2020.
- HERFORT, B.; LAUTENBACH, S.; PORTO DE ALBUQUERQUE, J.; ANDERSON, J.; ZIPF, A. Investigating the digital divide in OpenStreetMap: spatio-temporal analysis of inequalities in global urban building completeness. **Pre-print**, posted 26 Aug, 2022.
- HERFORT, B.; LAUTENBACH, S.; PORTO DE ALBUQUERQUE, J.; ANDERSON, J.; ZIPF, A. The evolution of humanitarian mapping within the OpenStreetMap community. **Scientific Reports**, v.11(3037), 01-15, 2021.
- HOT – HUMANITARIAN OPENSTREETMAP TEAM, **Campaign filters, Mozambique, 2020**. Disponível em: <<https://www.hotosm.org/where-we-work/mozambique/>>.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil: uma primeira aproximação**. IBGE, Coordenação de Geografia, Rio de Janeiro, IBGE, 2017.
- INE – INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. **Censos, Mozambique, 2019**. Disponível em: <<http://www.ine.gov.mz/operacoes-estatisticas/censos>>.
- INGC – INSTITUTO NACIONAL DE GESTÃO DE CALAMIDADES. **Avaliação Rápida Multisectorial Pós-ciclone IDAI: 14 Distritos das províncias de Sofala e Manica, Moçambique**, 1 - 17 de abril de 2019a. Disponível em: <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Mozambique_ARM_20190425_final_PT.pdf>.

INGC – INSTITUTO NACIONAL DE GESTÃO DE CALAMIDADES. **Divisão Administrativa da Cidade da Beira, arquivos shapefile, 2019b.** Disponível em: <https://data.humdata.org/dataset/mozambique-admin-level-4-beira-and-dondo-neighbourhood-boundaries?force_layout=desktop>.

INSPIRE. **Data Quality.** [s.d.]. Disponível em: <<https://inspire.ec.europa.eu/training/data-quality>>. Acesso em: 23 ago 2023.

ISO/TC211 – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 19157:2013 Geographic Information – Data Quality**, Switzerland, 2013.

KLIMEŠ, P. **Využití budov předem vygenerovaných umělou inteligencí pro dobrovolnické mapování.** Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, 2023. Disponível em: <https://is.muni.cz/th/ghahb/?studium=159888;lang=cs;id=250566>. Acesso em: 20 maio 2024.

MADUBEDUBE, A.; COETZEE, S.; RAUTENBACH, V. A. Contributor-Focused Intrinsic Quality Assessment of OpenStreetMap in Mozambique Using Unsupervised Machine Learning. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v.10 (156), 01-19, 2021.

MICOA - MINISTÉRIO PARA COORDENAÇÃO DA AÇÃO AMBIENTAL. **Plano de Ação Nacional de Combate à Seca e à Desertificação.** 2002. Disponível em: <<http://www.unccd.int/ActionProgrammes/mozambique-other>>.

MOÇAMBIQUE. CENACARTA - CENTRO NACIONAL DE CARTOGRAFIA E TELEDETECÇÃO. Normas e Procedimentos de Fornecimento e Difusão de Informação Geo-referenciada ao Público. Maputo, 2006.

MOONEY, P.; CORCORAN, P.; WINSTANLEY, A. Towards quality metrics for OpenStreetMap. In: **Proceedings of the Eighteenth ACM SIGSpatial International Conference On Advances In Geographic Information Systems**, San Jose, California, 514-517, 2010.

NASIRI, A.; ALI ABBASPOUR, R.; CHEHREGHAN, A.; JOKAR ARSANJANI, J. Improving the quality of citizen contributed geodata through their historical contributions: The case of the road network in OpenStreetMap. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, 7(7), 253, 2018. <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi7070253>.

NEIS, P.; ZIPF, A. Analyzing the contributor activity of a volunteered geographic information project—The case of OpenStreetMap. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v.1(2), 146-165, 2012.

NEIS, P.; ZIELSTRA, D.; ZIPF, A. Comparison of volunteered geographic information data contributions and community development for selected world regions. **Future Internet**, v.5(2), 282-300, 2013.

PAIVA, C. DOS A.; CAMBOIM, S.P. Inference of positional accuracy of collaborative data from intrinsic parameters, **Transactions in GIS**, 26(4), 1898-1913, 2022. <https://doi.org/10.1111/tgis.12913>.

PETRICOLA, S.; REINMUTH, M.; LAUTENBACH, S.; HATFIELD, C.; ZIPF, A. Assessing road criticality and loss of healthcare accessibility during floods: the case of Cyclone Idai, Mozambique 2019. **International Journal of Health Geographics**, v.21(14), 01-16, 2022.

SENARATNE, HANSI; MOBASHERI, AMIN; LOAI, A. ALI; CAPINERI, CRISTINA; HAKLAY, MORDECHAI. A review of volunteered geographic information quality assessment methods. **International Journal of Geographical Information Science**, v.31(1), 139-167, 2017.

SOLÍS, P.; RAJAGOPALAN, S.; VILLA, L.; MOHIUDDIN, M. B.; BOATENG, E.; NAKACWA, S.W.; VALENCIA, M.F.P. Digital Humanitarians for the Sustainable Development Goals: YouthMappers as a hybrid movement. **Journal of Geography in Higher Education**, v. 44, 01-21, 2020.

SOLÍS, P.; ANDERSON, J.; RAJAGOPALAN, S. Open geospatial tools for humanitarian data creation, analysis, and learning through the global lens of YouthMappers. **Journal of Geographical Systems**, v. 23, 599-625, 2021.

SOLÍS, P.; ZEBALLOS, M. (Eds.) **Open Mapping towards Sustainable Development Goals - Voices of YouthMappers on Community Engaged Scholarship**. Sustainable Development Goals Series. Switzerland: Springer Cham, 2023.

SPECHT, D. Mapping in times of crisis. In: SPECHT, D. (Editor) **Mapping Crisis: Participation, Datafication and Humanitarianism in the Age of Digital Mapping**. London: University of London Press, Institute of Commonwealth Studies, 2020. p. xiii–xiv.

STONE, KIRK H. The Development of A Focus for the Geography of Settlement. **Economic Geography**. v 41(4), 346–55, 1965.

TIAN, Y. J.; ZHOU, QI; FU, XIAOLIN. An Analysis of the Evolution, Completeness and Spatial Patterns of OpenStreetMap Building Data in China. **ISPRS Int. J. Geo-Inf.**, v8(1), 35, 01-16, 2019.

TOUYA, G.; ANTONIOU, V.; CHRISTOPHE, S.; SKOPELITI, A. Production of Topographic Maps with VGI: Quality Management and Automation. In: FOODY, G.; SEE, L.; FRITZ, S.; MOONEY, P.; OLTEANU-RAIMOND, A.-M.; FONTE, C. C.; ANTONIOU, V. (Eds.). **Mapping and the Citizen Sensor**. London: Ubiquity Press Ltd., 2017. p. 61-92.

YOUNG, J. C. The new knowledge politics of digital colonialism. **EPA: Economy and Space**, v. 51(7), 1424-1441, 2019.



Este artigo é distribuído nos termos e condições do *Creative Commons Attributions/Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual* (CC BY-NC-SA).