



**Filipe José Monteiro da
Cunha Coutinho**

**Análise da qualidade de informação geográfica
livremente disponível em Portugal – O caso do
concelho de Águeda**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Geoinformática, realizada sob a orientação científica da Doutora Ana Rita Paço Calvão, Professora Adjunta da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda e do Doutor António Manuel Teixeira Barbeito Professor Adjunto da Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda

Dedicatória

Quero dedicar este trabalho à minha família que sempre depositou confiança em mim e me deram a força necessária para continuar e assim atingir esta meta;
Aos meus amigos mais próximos, que sempre estiveram do meu lado.

O júri

Presidente

Prof.^a Doutora Luísa Maria Gomes Pereira
Professora Coordenadora S/ Agregação, Universidade de Aveiro

Vogal – Arguente Principal

Prof. Doutor Paulo Alexandre Justo Fernandez
Professor Adjunto, Instituto Politécnico de Castelo Branco

Vogal – Orientador

Prof.^a Doutora Ana Rita Calvão
Professora Adjunta, Universidade de Aveiro

Prof. Doutor António Teixeira Barbeito
Professor Adjunto, Universidade de Aveiro

Agradecimentos

O meu agradecimento a todos os que comigo caminharam, ajudaram a tornar este trabalho possível de ser concretizado. Aos meus orientadores Professora Doutora Ana Calvão e António Barbeito por terem dedicado do seu tempo e partilhado conhecimento como forma de orientação para tornar possível esta concretização.

Agradeço a Deus pelos dons que tornou disponível e que com a fé também fui capaz de colocar ao serviço.

O meu obrigado à minha família por me apoiarem continuamente nos desafios a que me proponho alcançar, e que são e serão sempre um pilar e exemplo constante na minha vida. O meu eterno agradecimento.

Aos meus amigos que, cada um à sua maneira, mostraram a disponibilidade de acompanhar nesta caminhada.

Um agradecimento à Escola Superior de Tecnologias e Gestão de Águeda pela abertura e proximidade na possibilidade dada de poder realizar o meu Mestrado e, assim, concluir mais uma etapa Académica.

Resumo

A Informação Geográfica (IG) livremente disponível apresenta aos utilizadores uma nova perspectiva de aplicações, pois torna-se economicamente mais viável permitindo o seu uso sem gastos inerentes. Apesar de todas as vantagens que possam existir pela existência de deste tipo de informação, é necessário estar atento aos parâmetros de qualidade da mesma, em função dos propósitos da sua utilização.

Perante esta realidade, a questão central apresentada neste trabalho baseia-se na IG livremente disponível em Portugal e na avaliação da sua qualidade em função de vários propósitos, no concelho de Águeda, bem como no uso de software livre para a sua manipulação. Para tal, a metodologia utilizada baseou-se na norma ISO19157:2013 e na análise da bibliografia consultada.

Os resultados obtidos evidenciam que existe ainda um caminho a percorrer por parte dos municípios portugueses relativo à IG livremente disponível, uma vez que, dos 52 analisados, 73% apenas disponibilizam a IG ao nível da visualização ou consulta e 13,5% não dispõem de qualquer tipo de IG nos seus sítios de internet. Os principais resultados da avaliação dos parâmetros de qualidade da IG livremente disponível no concelho de Águeda mostram que existe uma elevada quantidade de temas disponíveis, mas com falta de completude nos dados alfanuméricos, o que poderá comprometer alguns tipos de uso. Globalmente, os resultados dos parâmetros avaliados confirmam o potencial da prática do mapeamento por parte de voluntários.

Palavras-chave

Informação Geográfica livremente disponível; VGI; SIG; Qualidade; ISO 19157:2013; OpenStreetMap.

Abstract

The Geographic Information (GI) freely available presents to users a new perspective of applications, because it becomes economically more viable allowing its use without inherent expenses. Despite all the advantages that may exist for the existence of this type of information, it is necessary to pay attention to its quality parameters, depending on the purposes of its use.

Given this reality, the central question presented in this work is based on the GI freely available in Portugal and the evaluation of its quality in function of various purposes, in the municipality of Águeda, as well as the use of free software for its manipulation. For this, the methodology used was based on the ISO19157:2013 standard and on the analysis of the consulted bibliography.

The results obtained show that there is still a way to go by Portuguese municipalities regarding the GI freely available, since, of the 52 analyzed, 73% only make the GI available at the level of visualization or consultation and 13.5% do not have any type of GI on their websites. The main results of the evaluation of the quality parameters of the GI freely available in the municipality of Águeda show that there is a high quantity of themes available, but with a lack of completeness in the alphanumeric data, which may compromise some types of use. Overall, the results of the parameters evaluated confirm the potential of mapping practice by volunteers.

Keywords

Freely available geographic information; VGI; GIS; Quality; ISO 19157:2013; OpenStreetMap.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 IDENTIFICAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.3 ESTRUTURA DO DOCUMENTO	3
2. A INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	4
2.1 CONCEITOS BÁSICOS E FUNCIONALIDADES DOS SIG.....	5
2.2 INFORMAÇÃO LIVREMENTE DISPONÍVEL.....	9
2.2.1 A IMPORTÂNCIA DOS VGI E AS IDES.....	10
2.2.2 O PROJETO OPENSTREETMAP	13
3. A QUALIDADE DA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA EM SIG	15
3.1 AS NORMAS ISO E A AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA IG EM SIG.....	15
3.1.1 COMPLETUDE	17
3.1.2 CONSISTÊNCIA LÓGICA	17
3.1.3 EXATIDÃO POSICIONAL.....	18
3.1.4 EXATIDÃO TEMÁTICA.....	20
3.1.5 EXATIDÃO TEMPORAL E USABILIDADE.....	21
3.2 A QUALIDADE DOS DADOS GEOGRÁFICOS NO OSM	22
4. A IG LIVREMENTE DISPONÍVEL NOS MUNICÍPIOS PORTUGUESES.....	25
4.1 CAPITAIS DE DISTRITO E IG LIVREMENTE DISPONÍVEL	25
4.2 MUNICÍPIOS E IG LIVREMENTE DISPONÍVEL.....	26
5. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA IG DO OSM NO CONCELHO DE ÁGUEDA.....	29
5.1 DADOS E MATERIAL DE APOIO	30
5.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE	33
5.2.1 COMPLETUDE	33
5.2.2 CONSISTÊNCIA LÓGICA	38
5.2.3 ANÁLISE TOPOLÓGICA DO EDIFICADO	46

5.2.4	<i>EXATIDÃO POSICIONAL</i>	50
5.2.5	<i>EXATIDÃO TEMÁTICA</i>	53
6.	CONCLUSÕES	57
	BIBLIOGRAFIA	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema funcional dos componentes SIG.....	8
Figura 2 - Exemplo de um resultado de mapeamento passivo. Fonte: (Heipke, 2010).....	11
Figura 3 – Os novos contributos dos VGI por ano. Fonte: (OpenStreetMap, 2019).....	12
Figura 4 - Levantamento de informação relativa à utilização de ferramentas WebSIG para leitura e apresentação da IG relativa ao Portugal por parte das Capitais de Distrito até outubro de 2020.	26
Figura 5 - Gráfico representativo da distribuição de IG no total de 52 municípios de Portugal até outubro de 2020.	27
Figura 6 – Concelho de Águeda	29
Figura 7- Seleção dos eixos viários da Rede Oficial no ArcGis	31
Figura 8 Preparação do Processo de análise da Qualidade dos objetos de IG OSM – O concelho de Águeda.....	32
Figura 9 – Processo de análise da Completude	34
Figura 10 – Visualização dos erros de comissão.....	38
Figura 11 – Processo de análise da Consistência Conceptual da rede viária de 50 objetos aleatórios do Concelho de Águeda.	39
Figura 12- Representação das classes da Rede Viária Oficial.....	44
Figura 13 – Processo de análise da Consistência Topológica	46
Figura 14- Erro detetado pelo QGIS, que na realidade não é.....	48
Figura 15- Imagem de deteção de erro topológico segundo a regra: Must not have dangles - QGIS.....	49
Figura 16 - Imagem de deteção de erro topológico segundo a regra: Must not have pseudos nodes - QGIS	50
Figura 17- Distância entre pontos dos Eixos da Rede Viária Oficial e a Rede Viária do OSM – in QGIS.....	51
Figura 18 – Processo de análise da Exatidão Posicional na Rede Viária.	52
Figura 19 – Visualização de uma parte do Concelho de Águeda no Editor Java OSM	53
Figura 20 – Acesso e edição de informação no Editor Java OSM	54

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Relatório Estatístico do OSM no dia 16-01-2020.....	14
Tabela 2 – Elementos a avaliar segundo a norma ISO 19157:2013. Fonte: (Fonte et al., 2015)	16
Tabela 3 – Tolerância para EMQ planimétrico pela ASPRS (Professional Practicing Division, 1990).	20
Tabela 4 – Comparação de algumas ferramentas (openstreetmap.org, 2020b).....	23
Tabela 5 - Apresentação das capitais de distrito de Portugal que utilizam Ferramentas WebSIG para disponibilizar IG até outubro de 2020.	26
Tabela 6 - Conjunto de Capitais de Distrito e outros Municípios de Portugal que serviram de amostra para recolha de IG.....	27
Tabela 7- Completude de vias	35
Tabela 8 – Completude de estacionamento	35
Tabela 9- Completude de Cursos de Água	35
Tabela 10 - Completude de Edifícios	36
Tabela 11 - Completude de Caminhos de Ferro	36
Tabela 12 – Análise de erros de omissão e comissão da Rede Viária OSM	37
Tabela 13- Classificação da Rede Viária OSM –de acordo com a informação no wiki.openstreetmap.org(OpenStreetMap Wiki, 2019b)	40
Tabela 14 - Tabela de Seleção aleatória da Rede Viária OSM – in QGIS	41
Tabela 15- Matriz de confusão relativa à classificação da seleção aleatória da Rede Viária no OSM	43
Tabela 16 – Erros topológicos dos temas (do tipo polígono) OSM – no ArcMap e no QGIS	47
Tabela 17 – Resultados obtidos na avaliação da consistência topológica do tema da Rede Viária do OSM.	48
Tabela 18- Matriz de confusão ou de erro.....	55

GLOSSÁRIO E SIGLAS

API - *Application Programming Interface*

ASPRS – *American Society for Photogrammetry & Remote Sensing*

CDE – Conjunto de Dados Espaciais

CIRA – Comunidade Intermunicipal da Região de Aveiro

CMA – Câmara Municipal de Aveiro

DGT – Direção Geral do Território

EMQ – Erro Médio Quadrático

GRASS – Sistema de Apoio à Análise de Recursos Geográficos

IDE – Infraestrutura(s) de Dados Espaciais

IIG – Infraestrutura(s) de Informação Geográfica

IG – Informação Geográfica

ISO – *International Organization for Standardization*

NUT – Nomenclatura das Unidades Territoriais

OSM – *OpenStreetMap*

QGIS – *Quantum GIS*

SHP – *Shapefile*

SI – Sistema(s) de Informação

SIG – Sistema(s) de Informação Geográfica

VGI – *Volunteered Geographic Information*

WFS – *Web Feature Service*

WMS – *Web Map Service*

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados o enquadramento e a contextualização do trabalho realizado, as principais motivações que o originaram, e, ainda, os objetivos principais e específicos que se pretendem alcançar. No final, descreve-se a estrutura deste documento.

1.1 IDENTIFICAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

A atualidade apresenta um novo desafio relativamente à utilização e disponibilização gratuita de Informação Geográfica (IG). Neste âmbito, são muitos os que têm acesso a este tipo de informação: municípios, organizações, quer de carácter público ou privado, professores e alunos, no âmbito de projetos de investigação e projetos de curso, e todas as pessoas que por algum motivo necessitem de a utilizar.

A IG livremente disponível apresenta aos utilizadores uma nova perspetiva de aplicações, pois torna-se economicamente mais viável permitindo o seu uso sem gastos inerentes.

Uma vez que a aquisição de IG, bem como os softwares para a sua manipulação, são de elevado custo, surgiu a necessidade da criação de alternativas mais económicas e passíveis de serem utilizadas por todos. Neste aspeto, a comunidade procura voltar-se para a IG gratuita e fiável, ao mesmo tempo que se utilizam sistemas de informação geográfica (SIG) livres para a sua edição e análise. Um novo comportamento na utilização de softwares livres começou a ser introduzido nas últimas duas décadas, abrindo a possibilidade de utilização e edição de IG de acordo com o propósito ou objetivo, permitindo, ainda, a possibilidade de acesso ao código fonte, à criação, otimização e gestão deste mesmo código de acordo com as necessidades do utilizador. Tal facto permite uma diminuição de encargos financeiros, em especial, às organizações, mas também ao cidadão comum.

Apesar de todas as vantagens que possam existir pela existência livre da IG, é necessário estar atento aos parâmetros de qualidade da mesma, em função dos propósitos da sua utilização. O seja, um conjunto de dados geográficos pode não ter a qualidade exigida para determinadas aplicações e ter para outras. Existe uma preocupação a este nível por parte da *International Organization for Standardization* (ISO) e das entidades que utilizam a IG no domínio dos SIG, pela forma como a IG é adquirida, produzida ou editada, conservada e

divulgada ou publicada, apoiada nos parâmetros de credibilidade. Segundo Jacobs e Mitchel (2020), a fiabilidade e qualidade da IG voluntária (VGI) continuam a ser preocupações prementes e que levantam questões que ainda estão em aberto.

Perante esta realidade, a questão central apresentada neste trabalho baseia-se na IG livremente disponível em Portugal e na avaliação da sua qualidade em função de vários propósitos, bem como no uso de software livre para a sua manipulação. Por conseguinte, o trabalho desenvolvido pretende dar o seu contributo para uma discussão que, apesar de já ter reunido muitos outros, continua a ser atual e pertinente. No texto que aqui se apresenta considera-se informação geográfica livremente distribuída aquela que está acessível sem interrupções temporais e é gratuita.

1.2 OBJETIVOS

Pelo que foi exposto, identifica-se como principal objetivo desta tese analisar a qualidade da IG livremente disponível no concelho de Águeda, nomeadamente a informação disponibilizada através do projeto OpenStreetMap (OSM)¹, no âmbito da sua possível utilização de acordo com o cumprimento dos requisitos dos padrões Standard ISO 19157:2013².

Para a concretização do objetivo principal proposto foi necessário estabelecer alguns objetivos específicos, que se foram realizando ao longo do desenrolar do trabalho, a saber:

- Pesquisa bibliográfica sobre os temas *Informação Geográfica, O atual papel dos Volunteered Geographic Information (VGI), Parâmetros de Qualidade da Informação Geográfica, Sistemas de Informação Geográfica e o Projeto OSM*;
- Procura da IG disponível de forma livre e gratuita em Portugal, visando perceber que tipo de informação encontramos à disposição quer para consulta quer para possível edição, nos municípios portugueses;
- Ajuda na clarificação dos problemas que podem surgir na avaliação de IG que é adquirida através de voluntários, muitas vezes sem formação e/ou conhecimentos para o efeito;

¹ https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Main_Page

² <https://www.sis.se/api/document/preview/916841/>

- Exploração de diferentes metodologias descritas na bibliografia consultada para a avaliação dos vários parâmetros de qualidade e contribuir para o seu desenvolvimento;
- Observação, no contexto da avaliação da qualidade da IG, da capacidade de análise e usabilidade de um software de código aberto e gratuito, o QGIS, em comparação com o um software proprietário e pago, o ArcGIS.
- Perceção do tipo de aplicações podem beneficiar com a utilização da IG disponibilizada através do OSM no concelho de Águeda em função dos valores de qualidade encontrados.

O objeto de estudo incidiu sobre o Município de Águeda, pelo facto de existir uma grande quantidade de IG livremente disponível e por ser um dos municípios exemplo perante esta realidade de IG em SIG. A preferência deste território prende-se também ao facto de ser onde está localizada a Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Águeda da Universidade de Aveiro (ESTGA-UA) e, conseqüentemente, onde existe uma maior facilidade de obtenção de informação necessária à percussão do trabalho.

1.3 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

O documento que aqui se apresenta tem seis capítulos principais, os quais refletem os assuntos identificados na abordagem do trabalho e nos objetivos definidos. Depois de, no primeiro capítulo, Introdução, se fazer o enquadramento ao tema em estudo, nos capítulos dois e três faz-se a apresentação dos conceitos base da IG e dos SIG, assim como a descrição dos parâmetros da qualidade de IG e dos principais métodos para a sua avaliação.

No quarto capítulo encontra-se uma descrição da IG livremente disponível em alguns municípios portugueses e o quinto capítulo é a apresentação do caso de estudo inserido na presente tese, ou seja, a avaliação da qualidade da IG do OSM no concelho de Águeda.

No sexto capítulo tecem-se as considerações finais, assim como se referem algumas perspetivas de trabalho futuro.

As páginas da bibliografia referem-se às referências bibliográficas inscritas no texto.

2. A INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA E OS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Embora seja intuitivo perceber que a IG acrescenta à informação inerente aos objetos na superfície terrestre, como designação, comprimento, área, entre muitos outros, informação sobre a sua localização geográfica, seja uma morada ou um conjunto de coordenadas num determinado sistema de referência, recuperamos uma das definições mais aceite na comunidade de investigadores, produtores e utilizadores de IG: “Informação Geográfica define-se como informação acerca de entidades ou fenómenos localizados na proximidade da superfície terrestre” (Goodchild et al., 1992). Se às inúmeras aplicações deste tipo de informação adicionarmos a capacidade de sobrepor um grande volume de dados, conseguir gerir e manipular esses mesmos dados e produzir informação nova, então essas aplicações aumentam exponencialmente. Para que tal fosse possível surgiram os SIG que assumem um papel decisivo como uma tecnologia de integração, mas que é melhor do que a soma das partes (Fazal, 2008).

No âmbito do estudo bibliográfico para o desenvolvimento desta dissertação, várias foram as definições encontradas para SIG. Estes sistemas podem definir-se como uma plataforma de hardware e software com capacidade de armazenamento, manipulação, análise e produção de IG por camadas (níveis de informação, por exemplo: edifícios, rede viária, bombas de gasolina, etc.), contendo informação espacial e dados alfanuméricos da realidade espacial do território (Gray et al., 1988). No ano de 1991, uma das definições apresentada por Barcellos & Machado (1998) consiste na capacidade de representação cartográfica de informações complexas, uma sofisticada base integrada de objetos espaciais e de seus atributos ou dados, e um engenho analítico formado por um conjunto de procedimentos e ferramentas de análise espacial. Esta definição reforça a ideia anterior e dá ênfase à questão da capacidade de elaborar análises espaciais que combinam as componentes geográfica e alfanumérica da IG. Assim, os SIG permitem colocar na IG que dispomos um conjunto de atributos a ela associada, permitindo uma grande capacidade de modelação da realidade

(Charneca, 2012). Com os SIG é possível trabalhar a IG e, de forma mais detalhada, obter informações que poderão auxiliar as tomadas de decisão (Suzana, 2016).

Os SIG têm tido recentemente um desenvolvimento voltado para as necessidades do dia a dia dos cidadãos, ou seja, para a criação de novas ferramentas e aplicações de utilidade prática e real. Vejamos o exemplo “Se o “onde” é importante para o seu negócio, então o SIG é a sua ferramenta de trabalho” (Clodoveu, n.d.). Esta evolução está a transformar o modo de trabalhar, pensar e agir das pessoas, uma vez que, estas olham para a informação geografia como algo que faz parte do seu dia-a-dia.

Certamente, que os SIG inicialmente foram planeados para resolver um conjunto de problemas específicos no que concerne à IG. Mas, acontece que esta IG passou a ser adquirida também através de voluntários e distribuída gratuitamente, pelo que se tornou num conjunto de recursos ainda mais amplo, garantindo o sucesso de muitas aplicações. O que poderá variar é a qualidade e a confiabilidade da IG na utilização dessas aplicações.

Neste capítulo serão apresentados dois subcapítulos que farão uma síntese de conceitos associados à IG, aos SIG e às suas aplicações.

2.1 CONCEITOS BÁSICOS E FUNCIONALIDADES DOS SIG

Construir um modelo de representação geográfica da realidade que observamos quotidianamente, com toda a sua complexidade e abrangência, é algo bastante complexo e difícil (Goodchild, 1992). As transformações a que as informações geográficas são submetidas podem ser geométricas, de projeção ou cognitivas. As transformações geométricas são caracterizadas por um relacionamento de escala e orientação entre sistemas de referência, enquanto que as transformações de projeção se referem à passagem da superfície tridimensional curva da Terra, para uma superfície de representação bidimensional plana. As transformações cognitivas dizem respeito ao grau de detalhe que se quer representar, ou seja, o grau de abstração e generalização que a informação vai sofrer e, ainda, que simbologia é que vai ser utilizada na sua representação (Menezes & Fernandes, 2016). Realça-se, ainda, a questão da dificuldade em manter no modelo geográfico as relações de vizinhança entre objetos.

Apesar das dificuldades, na opinião de (Heywood et al., 2011), a modelação geográfica deve resultar de um compromisso entre sintetizar o conhecimento a partir de um

conjunto de dados de *input* e providenciar a informação tão completa quanto possível, tendo em atenção os seguintes aspetos: a natureza dos fenómenos a representar; a aquisição dos dados e o objetivo a que se destina o modelo. Três dos modelos mais utilizados em SIG são os seguintes: Vetorial; Matricial ou Raster e Tridimensional (3D) (Matos, 2008). Um modelo vetorial opera com objetos estáticos (com fronteiras bem definidas) enquadrados em três classes: pontos, linhas e áreas, enquanto que no modelo matricial se utiliza uma partição do espaço em células designadas por pixels, identificados por índices de linha e coluna, numa matriz, aos quais está associado um único valor. A representação da realidade a três dimensões (3D) é especialmente atrativa e intuitiva, permitindo a realização de análises visuais muito superiores à representação a duas dimensões.

Nesta fase, importa distinguir dois conceitos que habitualmente se confundem: dados e informação. Segundo (Hohl, 1998), os dados obtêm-se por observação, medição e inferência e a informação é produzida depois da interpretação e análise dos dados. A regra principal de um SIG é converter dados geográficos em informação geográfica. Burrough (1986) afirma que a diferença entre dados tratados por outros sistemas de informação e os dados manipulados por sistemas de informação geográfica provém da necessidade destes últimos incluírem informação acerca da sua posição, possíveis relações topológicas e atributos das entidades que representam.

Como referido anteriormente, uma das grandes vantagens da utilização de SIG consiste na capacidade que estes sistemas apresentam de combinar dados provenientes de diversas fontes e/ou com características distintas (sistema de coordenadas, escala de representação, entre outras). A manipulação de dados nestas condições implica que exista um tratamento prévio de forma a poderem ser representados, em conjunto, num mesmo sistema de referência. Os dados em SIG provêm, essencialmente, das seguintes (Cosme, 2013; Matos, 2008):

1. Cartografia analógica: para aplicações que necessitam de dados mais antigos, como são exemplos os estudos da evolução ao longo do tempo de determinados fenómenos, é possível que estes estejam disponíveis apenas em formato analógico e que terão de ser convertidos para formato digital;
2. Cartografia digital: em Portugal, pode-se adquirir cartografia digital junto dos organismos oficiais produtores de cartografia, nomeadamente Direção Geral do Território, Instituto Geográfico do Exército e Instituto Hidrográfico, comprando

produtos modelo ou encomendando serviços, a preços, habitualmente, avultados. Em alternativa é possível adquirir produtos específicos junto de empresas privadas produtoras de cartografia;

3. Fotografias Aéreas e Imagens de Satélite: as fotografias aéreas podem ser adquiridas diretamente em formato digital, mas o produto preferencial para utilização em SIG são os ortofotomapas (representação elaborada a partir de uma fotografia aérea transformada e retificada para corrigir as deformações decorrentes da perspetiva). As imagens de satélite são cada vez mais acessíveis para uma grande variedade de aplicações e têm a vantagem de disponibilizar dados sobre grandes áreas da superfície terrestre e que poderão estar em constante mutação. Existem alguns repositórios onde é possível adquirir este tipo de dados gratuitamente (EOS³; USGS⁴; Landviewer⁵) mas há casos em que se torna necessária a compra;
4. Fontes digitais já existentes: no momento atual, existe um incremento exponencial em quantidade e disponibilidade de dados em formato digital, muitos dos quais específicos para aplicações SIG, de forma gratuita ou a preços bastante competitivos. A adoção de standards impostos por exemplo pela Diretiva Inspire⁶ ou o projeto *OpenGIS specification* (Fernández et al., 2000) vêm contribuir para uma maior partilha de dados entre produtores e utilizadores destes dados;
5. Observações de campo: quando não existem, ou estão desatualizados, os dados são adquiridos através do levantamento dos objetos no terreno com aparelhos de medição próprios para o efeito - estações totais, recetores GPS, tabletes, telemóveis, máquinas fotográficas e de filmar, etc. Estes dados podem ser introduzidos posteriormente no SIG ou enviados diretamente para o sistema em tempo “quase real”.

As funcionalidades dos SIG consistem num conjunto de módulos (ferramentas) que abrangem a recolha e importação de dados geográficos, a criação de bases de dados, o processamento e análise desses mesmos dados e por último a visualização ou criação de nova informação espacial (Caeiro, 2013). As várias funções de cada uma destas partes inerentes aos SIG também permitem que toda a IG seja atualizada em tempo útil e não comprometer

³ <https://eos.com/pt/blog/imagens-de-satelite-gratuitas/>

⁴ <https://earthexplorer.usgs.gov/>

⁵ <https://eos.com/landviewer/?lat=40.64430&lng=-8.64550&z=11>

⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32007L0002>

a fiabilidade dos sistemas. Uma maneira mais esquemática das funcionalidades apresenta-se na Figura 1 (De By et al., 2001):

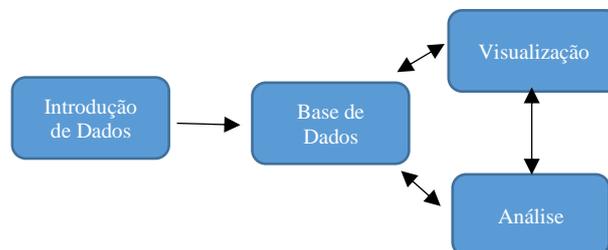


Figura 1 – Esquema funcional dos componentes SIG.

ANÁLISE ESPACIAL EM SIG

A associação da informação geográfica das entidades representadas com os seus atributos permite efetuar operações de manipulação da informação, produzindo ou não novos temas. O conjunto destas operações designa-se por análise espacial.

A análise espacial é um ponto fundamental dos SIG, porque inclui todas as transformações, manipulações e métodos que podem ser aplicados a dados geográficos para lhes acrescentar valor e assim servirem de suporte às decisões e revelarem padrões e anomalias que não são óbvios (Fazal, 2008).

É por meio da análise espacial em SIG que se obtém a capacidade de compreender um conjunto de dados que são a base para mapeamento e ordenamento do território, bem como a compreensão da IG espaciotemporal e as suas relações quanto à sua distribuição (Lü et al., 2019). As operações de análise típicas dos SIG podem ser divididas pelas seguintes classes de funções: Seleção; Classificação; Medição; Reclassificação; Sobreposição; Operações de Vizinhança; e operações de Conectividade (Aronoff, 1991).

Atualmente, face à facilidade com que se obtêm grandes conjuntos de dados (por exemplo: o contínuo varrimento de fenómenos na superfície terrestre, dados socioeconómicos das populações, o uso dos telemóveis e cartões de crédito, entre muitos outros) e a capacidade de os processar com rapidez permitiu a existência de algumas análises espaciais mais complexas (Montejano et al., 2018).

Uma das análises mais comumente utilizadas é a análise de redes que envolvem não só a rede viária, mas também redes hidrográficas, redes de comunicações, redes aéreas, internet, entre outras. A análise de redes tem sido uma função básica dos SIG para uma

variedade de aplicações em, por exemplo gestão de infraestruturas, engenharia de transportes, negócios e planeamento de serviços. Os problemas típicos que se colocam são: determinar percursos ótimos entre dois pontos, considerando ou não pontos intermédios de passagem; determinar circuitos ótimos de distribuição; determinar ocorrências mais próximas de uma determinada entidade; e determinar zonas de influência para eventual seleção de entidades (Comber et al., 2008). Este tipo de análises requer uma modelação correta da própria rede em análise, sob pena de resultados pouco fiáveis.

Os resultados da análise espacial podem ser visualizados através de mapas, relatórios ou ambos. Os mapas são preferíveis para visualizar as relações espaciais enquanto os relatórios são mais apropriados para sumariar os dados tabelares e documentar valores numéricos, calculados no processo de análise. De destacar que as situações onde existem os erros nos dados provocam análises erradas.

2.2 INFORMAÇÃO LIVREMENTE DISPONÍVEL

As vantagens na utilização de SIG e o reconhecimento da grande abertura a novas aplicações que estes sistemas proporcionavam, eram largamente consensuais. A pressão na sua utilização era grande, mas os custos da sua compra, que incluíam o software e a IG necessária, eram bastante avultados. O que se assistiu a seguir foi uma evolução tecnológica muito significativa que permitiu o aparecimento de softwares *Open Source*. Com a característica de serem de código aberto, criaram-se por exemplo o Sistema de Apoio à Análise de Recursos Geográficos (GRASS), o Wiki, QGIS, gvSIG, entre outros, que permitem apresentar funcionalidades básicas e avançadas aos utilizadores quer habituais quer avançados (Neteler et al., 2012; Steiniger & Hunter, 2013). A utilização de softwares e ferramentas *Open Source* passaram a ser uma alternativa livre para o desenvolvimento, mas ainda havia que resolver a preocupação com a aquisição dos dados e a sua possível utilização. A possibilidade de utilização de softwares livres permite custos mais baixos (Ramos & Meirinho, 2013), pois não se gasta dinheiro neles nem na sua atualização, mas se tiver de haver compra de IG os custos serão ainda elevados.

Por outro lado, a Internet mudou tudo e os SIG não foram exceção. Com o aparecimento do conceito Web 2.0, os Web SIG, uma combinação de Web com SIG, desenvolveram-se rapidamente e abriram caminho para uma infinidade de aplicações destes sistemas. A Web desbloqueou o poder dos SIG e colocou-os nas mãos de biliões de pessoas,

em casa, nos laboratórios, nas fábricas, nos negócios na educação e na investigação (Fu & Sun, 2010). Os utilizadores de IG passam, não só a ter conteúdos disponíveis para *download*, mas rapidamente se tornam atores ativos na aquisição da própria informação com a opção de fazerem upload de novos dados e, ainda, de editarem conteúdo criado por outros utilizadores (Goodchild, 2007). Estavam reunidas as condições para se conseguir utilizar e desenvolver ferramentas SIG, de forma economicamente viáveis, e disponíveis para todo o tipo de utilizadores.

Começam então a surgir, um pouco por todo o mundo, pessoas que, motivadas por participarem para um bem comum, pela sua satisfação e/ou necessidade pessoal ou, até mesmo, por curiosidade, se voluntariam para fazer a aquisição de dados geográficos e a disponibilizá-los para as comunidades. São designados por *Volunteered Geographic Information* (VGI), muitas vezes sem conhecimentos de cartografia ou IG, mas que fazem o seu melhor e mudam a história e o rumo desta área do conhecimento.

2.2.1 A IMPORTÂNCIA DOS VGI E AS IDES

Os dados são fundamentais em SIG, bem como a forma como chegam até nós e de que modo são aplicados, existindo, deste modo, interesse em aprofundar a relação com os VGI. Os VGI são fundamentais para mapear e recolher IG que mais tarde se tornará disponível. Para além disso, possibilitam ainda a partilha de um conjunto de informação associada aos dados, tais como: coordenadas, atributos, imagens, entre outros, através da utilização de plataformas georreferenciadas.

Assim, talvez seja importante caracterizar e identificar os vários tipos de VGI (Heipke, 2010), o que dará uma ideia da qualidade da recolha de cada um deles:

- Os amantes do mapeamento – um grupo de pessoas que, de acordo com a atividade profissional que outrora desempenharam (por ex. militares) continuam a mapear e a realizar o levantamento de IG;
- Os casuais – um grupo de pessoas (por ex. ciclistas, alpinistas) que de uma maneira casual registam IG com a possibilidade de os corrigir posteriormente;
- Os peritos – um grupo de pessoas que utiliza diariamente a IG na sua atividade profissional (por ex. bombeiros, proteção civil, militares) e que contribui para a IG valiosa e de confiança;

- Os media – um grupo que, de modo esporádico, devido à realização de um evento (por ex. competição de ciclismo, prova de atletismo) recolhem e partilham IG.
- Os passivos – Um grupo numeroso que, por meio de dispositivos móveis (*smartphone*, GPS) disponibiliza IG de forma inconsciente e permite a recolha de IG como localização, posição, tempo, direção e velocidade.
- Os restantes voluntários – o grupo que ocupa a maioria do tempo a construir e a disponibilizar um conjunto de mapas e dados abertos. Um trabalho de dedicação e motivação para que, atualmente, haja uma maior cooperação e simplificação na utilização de IG livre.

Na Figura 2 mostra-se um exemplo encontrado em (Heipke, 2010) onde se pode observar o resultado de um mapeamento realizado através de utilizadores passivos. A figura superior corresponde à IG existente e de referência e na figura inferior estão representados os dados recolhidos de forma passivo através da recolha das localizações dos smartphones de pessoas que habitualmente transitam naquele local. A falta de uma estrada no centro é evidente, ao mesmo tempo que se constata que as vias individuais precisam de ser agregadas e atribuídas numa estrutura gráfica para uso de *Routing* nas aplicações.

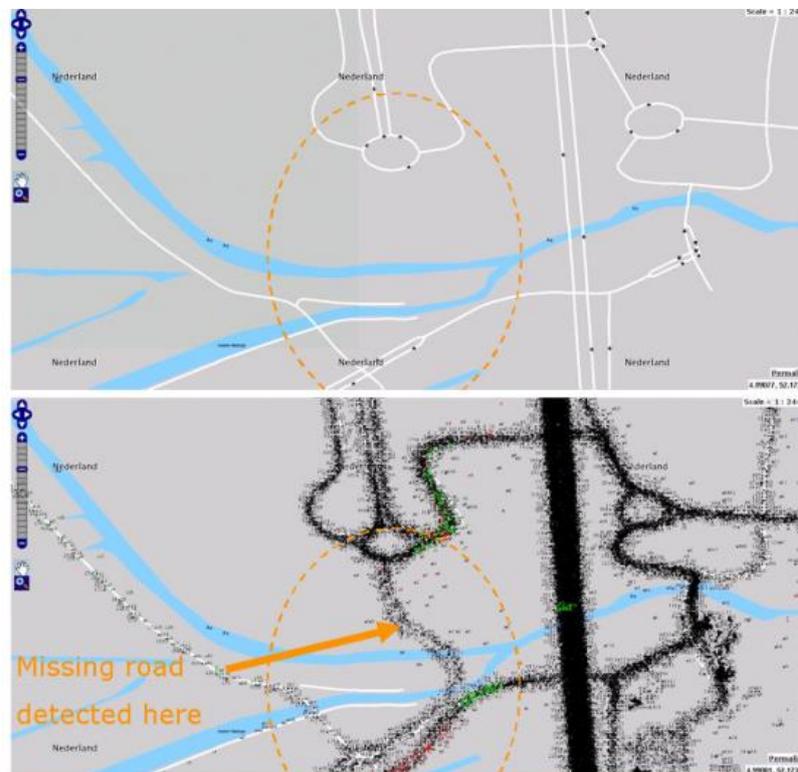


Figura 2 - Exemplo de um resultado de mapeamento passivo. Fonte: (Heipke, 2010).

Com o trabalho realizado por estes tipos de VGI obtém-se grande parte de recolha de IG disponível gratuitamente. É um trabalho que tem a vantagem de permitir mapear os muitos objetos e torná-los disponíveis. A consequência do trabalho dos VGI é um aumento de áreas mapeadas, um aumento da IG, do conhecimento e a aplicação e divulgação deste tipo de informação nas mais diversas áreas da ciência, no planeamento espacial, cartografia, no mundo da computação, ecologia e GISciência. Através da análise do gráfico presente na Figura 3, onde se mostra o número de VGI por ano, desde 2006 até 2019, apenas no projeto OpenStreetMap (a ver na subsecção seguinte) é fácil compreende-se a importância dos VGI como uma fonte valiosa de dados geográficos (See et al., 2016).

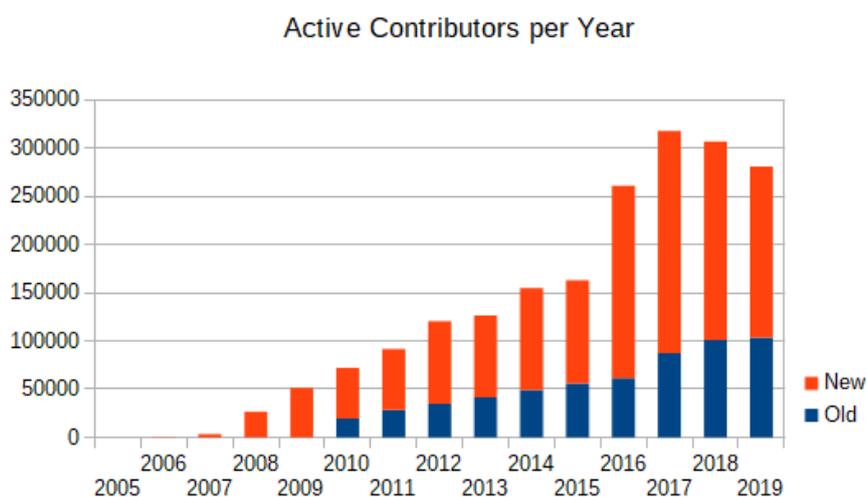


Figura 3 – Os novos contributos dos VGI por ano. Fonte: (OpenStreetMap, 2019)

Assim, poderá dizer-se que se vive um período de tempo em que os utilizadores das ferramentas SIG são um número significativo. De tal modo que, tem surgido em paralelo aos VGI o *Crowdsourcing*. O termo *crowdsourcing* resulta da contração de duas palavras: *crowd* + *outsourcing*, e pode-se definir como um género de atividade e participação online, em que um indivíduo, uma entidade, uma organização sem fins lucrativos propõe a um grupo de pessoas de diversas áreas do conhecimento, heterogeneidade e número, por meio de um contacto aberto e flexível, um compromisso voluntário para determinada tarefa. O cumprimento da tarefa, de uma certa complexidade e modularidade, e no desejo de uma participação em massa em participar com o seu trabalho, dinheiro, conhecimento e

experiência, sempre traz um benefício mútuo. O utilizador receberá uma satisfação numa determinada necessidade, que poderá ser económica, reconhecimento social, autoestima, ou o desenvolvimento das suas capacidades individuais, enquanto o *crowdsourcer* obterá e utilizará em sua vantagem o que o utilizador apresentou para o projeto em que esteve envolvido, cuja forma dependerá do tipo de atividade realizada (Howe, 2009).

Com o *crowdsourcing* a geocolaboração permite aceder a um conjunto de IG quer através das redes sociais, quer através da combinação entre a recolha de dados e os softwares livres, sendo benéfico para a circulação desses mesmos dados e para o aumento de IG. Com os VGI e o *crowdsourcing* a IG apresenta-se como um caminho para aumentar o desenvolvimento científico, económico e social, face à maior disponibilidade de recursos (Cura et al., 2017).

Este trabalho de mapeamento voluntário, apesar de muito importante, para que seja válido e fidedigno, tem de ser feito com normas, protocolos e padrões de modo a permitir a compreensão e aumentar a comunicação no mundo do SIG, sempre tendo em conta que se tratam de projetos colaborativos (Gonçalves, 2012).

Perante esta realidade e o facto de quem governa já não ter muito interesse em financiar os elevados custos de mapeamento à escala nacional, surgem as Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE) ou também designadas por Infraestruturas de Informação Geográfica (IIG) que abrangem os metadados (informações que descrevem conjuntos e serviços de dados geográficos e que permitem pesquisá-los, inventariá-los e utilizá-los), conjuntos e serviços de dados geográficos; serviços e tecnologias em rede; acordos em matéria de partilha, acesso e utilização, bem como mecanismos, processos e procedimentos de coordenação e acompanhamento (Europeia, 2007). Os organismos oficiais produtores de IG enfrentam um novo paradigma, já não têm o papel de fornecer uma cobertura uniforme de todo o território, mas devem fornecer padrões e normas para que os grupos e os indivíduos possam gerar os seus próprios dados geográficos.

2.2.2 O PROJETO OPENSTREETMAP

Um dos exemplos de disponibilização gratuita de IG é o Projeto OpenStreetMap (OSM), uma plataforma desenvolvida por programadores, produtores de documentação geográfica, de constituição voluntária e que permite aos seus utilizadores aumentar a partilha de IG e, por sua vez, aumentar o conhecimento e o próprio projeto. Esta plataforma

possibilita aumentar as soluções SIG de forma acessível a todos os que pretendam sem custos adicionais dar respostas às suas realidades.

O OSM é um sistema livre que permite às pessoas contribuírem de modo voluntário, para mapear, registar e criar dados a partir do conhecimento que se tem da área a mapear (openstreetmap.org, 2020a).

No caso concreto do OSM, este permite o livre acesso à IG digital de todo o mundo. Uma estatística revelada em 15 de janeiro de 2020 apresentava o número de 5995888 milhões de utilizadores⁷. O OSM é um projeto construído com base na recolha de dados geográficos a partir de VGI. A título de exemplo, na Tabela 1 pode ver-se a quantidade de informação observada e colocada na plataforma até janeiro de 2020.

Tabela 1 – Relatório Estatístico do OSM no dia 16-01-2020

Número de <i>uploads</i> pontos GPS	7.647.043.713
Número de nós	5.715.335.052
Números de vias	633.732.962
Número de relações	7.442.723

⁷ [Stats - OpenStreetMap Wiki](#)

3. A QUALIDADE DA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA EM SIG

O conceito de qualidade em SIG permite avaliar um conjunto de dados espaciais, quer a nível posicional quer a nível semântico e até temporal, uma vez que é importante saber que, um objeto além de bem localizado, deverá estar bem identificado. Por exemplo, é importante saber que um determinado objeto do tipo polígono representa um restaurante, mas é igualmente importante atualizar essa informação se o espaço comercial em causa mudar de atividade. Para uma avaliação da qualidade dos dados geográficos são determinantes vários conceitos no que concerne aos diferentes parâmetros em avaliação (Kaur et al., 2018). A qualidade é importante desde a produção ao utilizador da IG, através do confronto com as normas internacionais de qualidade e a aplicação no âmbito nacional (Santos et al., 2018).

A qualidade dos dados da IG poderá ser definida como o propósito para a aptidão ou de que modo alguns dados serão capazes de satisfazer determinados requisitos para resolução de determinado projeto. Olaya (2014) define qualidade como “*a totalidade de características de um produto ou serviço que lhe conferem aptidões para satisfazer necessidades explícitas e implícitas*”.

Este tema é central e de maior preocupação, pois determinará quais os limites na utilização dos dados recolhidos (Wang et al., 2013).

3.1 AS NORMAS ISO E A AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA IG EM SIG

A *International Organization for Standardization* (ISO) é uma organização internacional que se dedica à uniformização de conceitos e normas nas mais diversas áreas, inclusivamente no âmbito geográfico (Olaya, 2014). As normas ISO da série 19157 e que dizem respeito aos dados geoespaciais são (Santos et al., 2018):

ISO 19115 – Metadados Geográficos

- ISO 19122 – Qualificação e certificação de pessoal
- ISO 19127 – Códigos e parâmetros geodésicos

- ISO 19131 – Especificação do produto dos dados geográficos;
- ISO 19139 – Metadados
- **ISO 19157 – Qualidade de dados**

As normas ISO acerca da qualidade dos dados espaciais estão em constante dinâmica e apresentam, para além dos aspetos conceituais, as medidas a aplicar nos casos práticos, de acordo com o padrão de qualidade e suas especificações técnicas. A norma 19157:2013⁸ apresenta seis elementos essenciais acerca da qualidade dos dados espaciais: completude; consistência lógica; exatidão posicional; exatidão temática; exatidão temporal e usabilidade (Fogliaroni et al., 2018; Fonte et al., 2015). Os subelementos de cada elemento, relativos à qualidade, são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Elementos a avaliar segundo a norma ISO 19157:2013. Fonte: (Fonte et al., 2015)

Completude	Comissão
	Omissão
Consistência lógica	Consistência conceptual
	Consistência de domínio
	Consistência de formato
	Consistência topológica
Exatidão posicional	Exatidão absoluta
	Exatidão relativa
	Exatidão posicional dos dados em grelha
Exatidão temática	Correção de classificação
	Correção dos atributos não quantitativos
	Exatidão dos atributos quantitativos
Exatidão temporal	Exatidão de uma medida temporal
	Consistência temporal
	Validade temporal
Usabilidade	

A partir da norma ISO 19157 e da tabela 2 importa referir em que consiste cada elemento que determina a qualidade dos dados geográficos.

⁸ <https://www.sis.se/api/document/preview/916841/>

3.1.1 COMPLETEUDE

O elemento da completude em SIG terá em apreciação dois tipos de abordagem: uma quanto aos dados geográficos e outra quanto aos dados alfanuméricos (também designados por atributos). Relativamente aos dados geográficos são considerados erros de comissão e omissão quando ocorrem, no modelo de representação geográfica, a presença de mais ou menos objetos em relação à realidade que se pretende apresentar, respetivamente. A forma de deteção deste tipo de erros poderá ser a partir da comparação direta com a realidade, por meio do recurso a IG de maior fiabilidade (cartografia oficial, imagens de satélite ou ortofotomapas com escala adequada para visualização da informação que se pretende analisar). O parâmetro da completude deverá ser analisado e avaliado com requisitos como a medição de áreas ou comprimentos de linhas omitidas ou em excesso ou eventualmente associados a um coeficiente de ponderação dado pela Equação 1 (Filho & Cirano, 1996).

$$c = \frac{Qr}{Qo + Qr} * 100$$

Equação 1

Qr – Quantidade representada

Qo – Quantidade omitida

Segundo esta fórmula, as quantidades representadas podem ser expressas pelo número de objetos (áreas, perímetros ou comprimentos).

As omissões ao nível dos atributos dos objetos podem caracterizar-se por “omissões parciais” por não corresponder exatamente como consta na norma. A omissão poderá referir-se a uma dimensão global ou local. Quer isto referir que, caso a omissão de um atributo seja em toda a base de dados apelidamos de global, caso a omissão do atributo seja apenas referente a alguns objetos dispersos, não preenchidos, é denominada de local (Wang et al., 2013).

3.1.2 CONSISTÊNCIA LÓGICA

Esta componente caracteriza o rigor dos objetos espaciais nas várias especificações de análise da qualidade e que envolve a consistência conceptual, a consistência de domínio, a consistência de formato e a consistência topológica (Kainz, 2013).

A consistência conceptual, que permite verificar se existem incongruências nos atributos. Este tipo de consistência conceptual está ligado ao preenchimento da tabela de atributos.

A consistência de formato, é a que permite analisar e avaliar a os tipos de formatos da IG ao nível do tipo de armazenamento e este foram utilizados de entre a lista dos mais utilizados (Cad: DWG e DXF ou ESRI: SHP).

A consistência de domínio é o parâmetro que avalia se a informação alfanumérica associada a um conjunto de dados geográficos está de acordo com a contextualização dos mesmos. Por exemplo o nome de um eixo viário não existir na área de estudo.

A consistência topológica apresenta-se como a regra que permite identificar erros na representação dos objetos espaciais. Neste tipo de consistência poderá saber-se se existem discrepâncias presentes na relação entre as várias camadas dos objetos. Se nestas camadas existem inconsistências quanto à estrutura do conjunto de dados, uma vez que, é a partir da topologia, em SIG, que permite desenvolver diversas análises no âmbito espacial que possam abranger relações de conectividade, proximidade, contingência e adjacência. Deste modo, visa identificar erros de conectividade e coerência entre classes. Neste âmbito poderão ser analisadas inconsistências na geometria e ligação de classes (Ferreira, 2017). O objetivo é identificar possíveis erros na modelação geométrica. Por exemplo, nas linhas se existem erros, isto é, não deve ter pontas soltas, as interseções devem estar quebradas (entroncamentos e cruzamentos) e não devem existir eixos sobrepostos. Nos polígonos não deve existir sobreposição e polígonos falsos (Boin, 2008).

3.1.3 EXATIDÃO POSICIONAL

A Exatidão posicional é um elemento que caracteriza o rigor da georreferenciação dos objetos, (Fonte et al., 2015) e refere-se à exatidão absoluta ou externa (proximidade dos valores de coordenadas existentes no conjunto de dados geográficos a valores reais ou aceites como reais), à exatidão relativa ou interna (proximidade das posições relativas das entidades do conjunto de dados geográficos em relação às respetivas posições relativas reais ou aceites como reais) e à exatidão posicional em dados matriciais (proximidade das posições espaciais dos dados matriciais a valores reais ou aceites como reais).

A exatidão posicional é crucial para que os utilizadores da IG confiem no SIG (Filho & Cirano, 1996). A análise para quantificar a exatidão posicional absoluta assenta na

verificação da correspondência entre a informação produzida e a real (ou dados obtidos com maior fiabilidade). Um dos métodos possível para este tipo de análise é a comparação direta de um conjunto de pontos homólogos no ficheiro que está a ser avaliado e a informação de referência (DGT, 2019). Os pontos são obtidos por amostragem aleatória e a avaliação pode ser feita pelo cálculo dos desvios obtidos, respetiva média, desvio padrão e erro médio quadrático (EMQ). O valor do EMQ é obtido a partir da Equação 2.

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

Equação 2

Em que:

n – Número de pontos da amostra;

X_{it} Y_{it} – Coordenadas planimétricas obtidas no documento que está a ser avaliado, para o ponto i ;

X_{ic} Y_{ic} – Coordenadas planimétricas do mesmo ponto, extraídas do documento de referência;

Outra abordagem para avaliação de temas como por exemplo a rede viária, poderá ser realizada com o recurso à técnica do *buffer* com a definição de uma determinada largura ou distância na via de referência, de modo a calcular a proporcionalidade com a via que está a ser avaliada (Wang et al., 2013). A classe deverá ser arbitrária e selecionada de forma que as linhas homólogas possam ser identificadas, sem suposição ou dúvida, nos dois ficheiros. Deve garantir-se uma distribuição homogénea quer em localização quer em conteúdo de toda a área que está a ser alvo de avaliação.

Na análise dos o valor do EMQ terá de ser inferior a um valor pré-determinado em função dos objetivos relativos ao padrão que se quer atingir dos objetos geográficos em causa. É possível utilizar, por exemplo, a tolerância do EMQ é através da tabela 3, proposta pela *American Society for Photogrammetry & Remote Sensing* (ASPRS). Esta tabela permite uma análise da exatidão ao nível de grande escala (Professional Practicing Division, 1990). Um outro documento orientador nesta matéria é disponibilizado pela DGT intitulado por “Princípios orientadores para a produção de cartografia topográfica topográfica vetorial com as normas e especificações técnicas da Direção-geral do Território” (DGT, 2019).

Tabela 3 – Tolerância para EMQ planimétrico pela ASPRS (Professional Practicing Division, 1990).

EMQ em metros	Escala
0.0125	1/50
0.025	1/100
0.050	1/200
0.125	1/500
0.25	1/1000
0.50	1/2000
1.00	1/4000
1.25	1/5000
2.50	1/10000
5.00	1/20000

3.1.4 EXATIDÃO TEMÁTICA

A exatidão temática permite perceber se os atributos das classes estão corretamente atribuídos. Isto significa que se as descrições atribuídas nas camadas são consistentes, se não existe confusão na descrição e atribuir características que não correspondem ao objeto.

Nesta exatidão é importante a pessoa conhecer muito bem o que está a mapear, uma vez que vai desempenhar um papel muito importante na cartografia. Deste modo, é essencial perceber que esta componente de análise de qualidade nas camadas é muito importante para apurar a exatidão ao nível dos atributos de acordo com os dados de IG recolhidos em relação com a realidade e/ou dados oficiais (Ferreira, 2017). Com os objetos obtidos através do uso da plataforma OpenStreetMap (OpenStreetMap Wiki, 2019a), a exatidão temática permite analisar se os atributos aplicados aos objetos correspondem à correta identificação segundo a lista do OSM (Kounadi, 2009).

Com a exatidão temática podemos realizar um levantamento de informação relativa às classes, neste caso, quanto à classificação. Ao trabalhar a IG disponível e para possível avaliação da exatidão da classificação dos atributos dos objetos é fundamental procurar obter em percentagem o nível de exatidão temática de acordo com a área de estudo. Esta percentagem é obtida a partir da comparação dos objetos OSM com os dados de referência, ou exatidão global. Esta classificação correta é gerada pela amostra de dados classificados e expressa a partir da utilização da matriz de confusão, ou também conhecida pela tabela de contingência.

É por meio da matriz de confusão que podemos comparar o nível de exatidão temática, em que comparamos a exatidão da classificação por parte do utilizador e a informação de referência.

Assim, o cálculo da percentagem da exatidão das classes, a exatidão do utilizador e a exatidão global são baseadas nas linhas e colunas da matriz que representarão a Erro de omissão (% de campos sem preenchimento) de exatidão pode cada classe temática dentro da matriz. A exatidão do utilizador corresponde à Erro de omissão (% de campos sem preenchimento) de elementos de determinada classe que foram corretamente classificados em relação ao total de dados aleatoriamente escolhidos. O coeficiente de exatidão global (K), que é frequentemente utilizado para as análises de matrizes de erro.

As seguintes equações justificam o tipo de resultado obtido:

a) Exatidão de classes

$$K = \frac{A_n}{A_{total}} * 100$$

A_n – total de classes tipo com exatidão correta

A_{total} – n.º total de classes tipo identificadas

b) Exatidão do utilizador

$$K = \frac{A_n}{B_{total}} * 100$$

A_n – total de classes tipo com exatidão correta

B_{total} – n.º total de classes tipo identificadas pelo utilizador

c) Exatidão Global

$$K = \frac{\sum A_n}{B_{total}} * 100$$

$\sum A_n$ - soma total de classes tipo com exatidão correta

B_{total} – n.º total de classes

3.1.5 EXATIDÃO TEMPORAL E USABILIDADE

A Exatidão Temporal é relativa ao registo do evento e a validade dos dados em relação ao tempo (Senaratne et al., 2017) (Senaratne et al., 2017, p. 142). Este parâmetro é importante uma vez que os dados geográficos vão sendo atualizados ao longo do tempo e existe a necessidade de considerar a sua validade temporal (De By et al., 2001);

Quanto à Usabilidade esta permite a análise de qualidade da informação geográfica em função do uso que se pretende efetuar dessa informação. A mesma informação pode ser aceite para um determinado fim e ser rejeitada para outro. Este elemento avalia o quão adequado estão dados para determinadas finalidades.

3.2 A QUALIDADE DOS DADOS GEOGRÁFICOS NO OSM

Com a introdução dos parâmetros acerca da avaliação da qualidade dos dados da IG no âmbito geral, abordados no ponto anterior, há a necessidade de perceber as regras específicas na utilização do *software* OSM e a metodologia a adotar para uma avaliação de acordo com a norma ISO 19157:2013, uma vez que o caso prático apresentado nesta tese (capítulo 5) incide na avaliação de informação disponibilizada através desta plataforma.

Existem três fatores fundamentais que obrigam à necessidade de uma análise da qualidade: um primeiro fator, a recolha de IG ser realizada por não profissionais, que não têm o conhecimento e treino eficaz, abrindo a possibilidade ao erro; segundo fator tem a ver com a origem dos dados recolhidos; e, por último, os dados podem ser recolhidos com diferentes sistemas de referências, diferentes GPS, originando para o mesmo ponto diferentes posições dependendo da variedade de voluntários (Ather, 2009).

Neste contexto, não restam dúvidas que a qualidade dos dados do OSM necessitam de ser avaliados face às vulnerabilidades e a possíveis erros (Kaur et al., 2018). Ao longo do tempo surgiu na comunidade científica a preocupação na avaliação da qualidade dos dados OSM através do confronto e/ou comparação com outros dados oficiais de referência. Trabalhos como os de (Fan et al., 2014), (Sehra et al., 2014), (Hashemi & Ali Abbaspour, 2015), (Monteiro & Fonte, 2015), (Profile, 2017), (Zacharopoulou et al., 2021) e (Nasr et al., 2021) são apenas alguns exemplos do grande interesse que esta temática tem suscitado e das várias metodologias de avaliação que se têm desenvolvido para o efeito.

Tendo consciência deste facto, os envolvidos neste projeto têm concebido ferramentas que ajudam a mitigar algumas falhas aquando da aquisição dos dados geográficos pelos voluntários. Estas ferramentas servem para ajudar a controlar a qualidade no modo de edição e apresentam sugestões para a correção de um possível erro (por exemplo, erros topológicos na digitalização de polígonos). Contudo, dependem da validação e acompanhamento de quem faz o mapeamento de forma voluntária e minuciosa, porque

também acompanha as alterações e verifica se nenhum dano foi criado ou alvo de vandalismo. Quer isto referir que a qualidade estará sempre dependente da observação do voluntário e do seu compromisso com o mapeamento. Para editar a IG tornada disponível o voluntário tem um conjunto de ferramentas que encontram resumidas na Tabela 4 (openstreetmap.org, 2020b).

Tabela 4 – Comparação de algumas ferramentas (openstreetmap.org, 2020b).

Ferramentas	Cobertura	Listas de Erros	Modo de Apresentação	Sugestão de Correção	Descarregável	API	Manual de Correção
<i>Osmose</i>	Mundo	Vários (200+)	Mapa Referência	sim	sim	sim	sim
<i>OSM Inspector</i>	Mundo	Vários	Mapa Renderizado	não	sim	N/A	não
<i>Maproulette</i>	Mundo	Vários (10+)	Uma característica de cada vez	não	sim	sim	não
<i>Keep Right</i>	Mundo	Vários (50+)	Mapa Referência	não	sim	sim	Só em alemão
<i>JOSM/ Validator</i>	Local	Vários	Lista + mapa	sim	sim	N/A	Para alguns problemas
<i>BRouter Suspects</i>	Mundo	Roteamento de carro	Lista ou Osmóscopo	não	não	não	não

As Várias ferramentas permitem avaliar diferentes erros. Segue-se uma breve descrição de cada uma delas:

- *Osmose* – é uma ferramenta que usa regras para detetar automaticamente erros do tipo exatidão temática, completude nos atributos e ao nível da consistência conceptual e topológica, como por exemplo erros do tipo de pontes ou túneis sem camada definida, autoestradas, lugares de culto, pontos de interesse sem referência, pontos de interesse sem nome, linhas sem pontos, travessias não identificadas (OpenStreetMap Wiki, 2020b). Nesta ferramenta o voluntário ou utilizador terá acesso ao controlo dos seus próprios erros no mapeamento realizado (wiki.openstreetmap.org, 2021) e tem documentação disponível de como pode resolver esse tipo de erros. Apresenta uma cobertura do mundo

inteiro, atualizada, disponível no *Application Programming Interface* (API) quanto à detecção, identificação e a apresentação de *Tags* perante os problemas detetados (openstreetmap.org, 2020c);

- *OSM Inspector* – é uma ferramenta baseada na web e oferecida pela *Geofabrik*, preparada para utilizadores avançados. Aqui o utilizador poderá visualizar as várias camadas e os detalhes específicos, bem como possíveis erros. O utilizador também tem a capacidade de desligar detalhes sobre qualquer classe, fazendo com que o seu editor de informação preferido (voluntário com mais experiência) possa corrigir (OpenStreetMap Wiki, 2020a). Apresenta uma cobertura mundial, com a apresentação de várias camadas e detalhes dos dados no OSM (OpenStreetMap Wiki, 2020a). Nesta ferramenta os dados poderão ser visualizados e/ou descarregar por meio de interfaces *Web Map Service* - WMS e *Web Feature Service* - WFS. Não possui guia de correção de erros;

- *Maproulette* – é uma plataforma que visa melhorar o OSM a partir de tarefas (desafios) que poderão ser completadas por voluntários ou comunidades de mapeadores e dividido em vários graus de dificuldade: qualquer; fácil; normal e especialista. Aqui qualquer pessoas poderá criar os desafios usando um assistente interno, ou até mesmo um projeto com vários desafios (*MapRoulette*, 2020);

- *Keep Right (keepright)*: é uma ferramenta semelhante à *Osmose* com as diferenças de detetar um menor número de tipo de erros e não apresentar sugestões de correção. As regras para detetar automaticamente os erros encontram-se numa lista (OpenStreetMap Wiki, 2020d);

- *JOSM/Validator*: é um recurso do JOSM⁹ que verifica e corrige geometrias inválidas, como por exemplo multipolígonos inválidos que poderão ser difíceis de detetar manualmente (OpenStreetMap Wiki, 2020c);

- *BRouter Suspects*: é um mecanismo de mapeamento que permite calcular rotas ótimas para ciclistas usando o OSM e, ao mesmo tempo, obter altitude (wiki.openstreetmap.org, 2020).

⁹ <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/JOSM>

4. A IG LIVREMENTE DISPONÍVEL NOS MUNICÍPIOS PORTUGUESES

As autarquias desempenham um papel fundamental na realização de cartografia e na recolha de IG. Atualmente os utilizadores de IG estarão tecnologicamente mais avançados e exigem também das autarquias mais IG livremente disponível. Com o aprimorar dos recursos e soluções exige-se um empenho das autarquias e da administração local esse mesmo aprimorar e disponibilidade em articular a IG obtida e cedida de forma livre.

4.1 CAPITAIS DE DISTRITO E IG LIVREMENTE DISPONÍVEL

Os SIG, nos últimos anos, têm sido um instrumento complementar em várias áreas, proporcionando, para além da recolha, e da construção de Base de Dados, a manipulação, a possibilidade de visualização e consequente análise de diferentes tipos de origem e finalidades. Há uma intensificação e aposta na área dos SIG, quer no setor público quer no setor privado (infraestruturas; banca; seguros; farmacêuticas; entre outros), na visão de criar ganhos e eficiência significativa da tecnologia neste âmbito (AMBISIG, 2020). Coincidentemente, o aproveitamento do potencial que a IG gratuita tem em SIG *open source* garante de uma grande integração e maximização de ganhos e utilidade. O SIG dá a capacidade de simular o que poderá acontecer face à atualidade (DN, 2020).

No setor público a necessidade imperativa de ordenamento de território e de melhor gestão de recursos gera mudança de abordagens e comportamentos. Deste modo, os SIG revelam-se um elemento importante quer ao nível de obter uma visão global e garante de IG, quer no assegurar a maximização e eficácia das ações políticas nos mais variados níveis (AMBISIG, 2020).

Nesta etapa de trabalho, o objetivo principal consistiu na inventariação da IG disponível pelos principais municípios em Portugal Continental e Ilhas. Deste modo, foi possível obter a informação através dos sítios de internet dos municípios e das ferramentas de visualização usadas pelos mesmos de acordo com a Tabela 5.

Tabela 5 - Apresentação das capitais de distrito de Portugal que utilizam Ferramentas WebSIG para disponibilizar IG até outubro de 2020.

Sem Informação Disponível	GoogleMaps	ESRI/ArcMap	OpenStreetMap	Geoportal
Braga	Aveiro	Castelo Branco	Lisboa	Ponta Delgada
Coimbra	Bragança	Beja		Viseu
	Faro	Leiria		
	Guarda	Porto		
	Portalegre	Viana do Castelo		
	Santarém	Vila Real		
	Setúbal	Funchal		
		Évora		

Por conseguinte, foi possível ter uma radiografia de Portugal no que concerne à IG, do tipo de ferramentas que são utilizadas e como está disponível. Numa representação gráfica (ver Figura 4) pode verificar-se que as ferramentas *open source* são as menos utilizadas pelos municípios portugueses e, como consequência, a disponibilização de dados de IG de forma gratuita é também escassa.

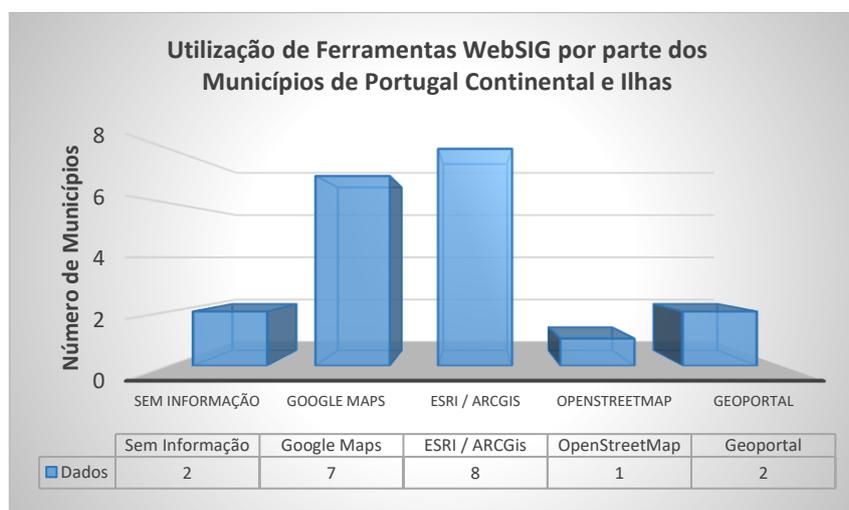


Figura 4 - Levantamento de informação relativa à utilização de ferramentas WebSIG para leitura e apresentação da IG relativa ao Portugal por parte das Capitais de Distrito até outubro de 2020.

4.2 MUNICÍPIOS E IG LIVREMENTE DISPONÍVEL

Na pesquisa de IG gratuita, disponível ao cidadão, direcionou-se a pesquisa a outros municípios geograficamente distribuídos de forma homogénea pelo território português.

Esta necessidade do alargamento de pesquisa deveu-se ao desejo de obter uma leitura mais próxima da realidade a nível nacional quanto à utilização da IG livremente disponível. A Tabela 6 apresenta os resultados obtidos.

Tabela 6 - Conjunto de Capitais de Distrito e outros Municípios de Portugal que serviram de amostra para recolha de IG

Abrantes	Águeda	Aguiar da Beira	Alandroal
Albergaria a Velha	Albufeira	Alcácer do Sal	Alcanena
Alcobaça	Alcochete	Alcoutim	Alenquer
Alfândega da Fé	Alijó	Aljezur	Aljustrel
Almada	Almeida	Almeirim	Almodôvar
Alpiarça	Alter do Chão	Alvaiázere	Alvito
Amadora	Amarante	Anadia	Aveiro
Beja	Braga	Bragança	Castelo Branco
Coimbra	Estarreja	Évora	Faro
Funchal	Guarda	Guimarães	Leiria
Lisboa	Matosinhos	Penafiel	Ponta Delgada
Portalegre	Porto	Santarém	Setúbal
Sintra	Viana do Castelo	Vila Real	Viseu

Legenda:

	Com IG – Apenas visualização
	Com IG disponível para download
	Sem IG

Neste levantamento de dados, verificou-se que no universo da amostra cerca de 13,5% não dispõe de qualquer tipo de IG (Figura 5).

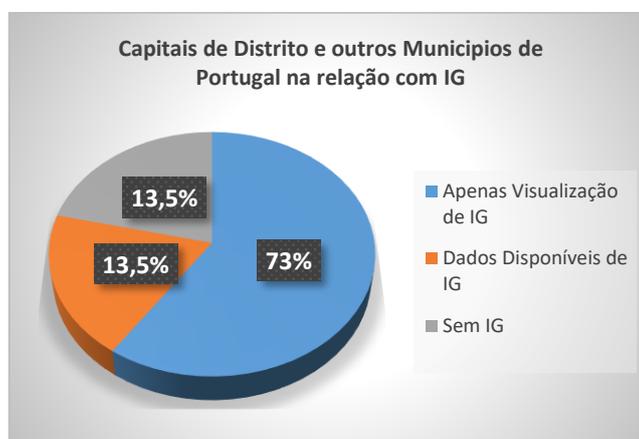


Figura 5 - Gráfico representativo da distribuição de IG no total de 52 municípios de Portugal até outubro de 2020.

Outra leitura evidente é que, de acordo com a informação recolhida, 73% disponibilizam a visualização e leitura da IG e apenas 13,5% disponibilizam IG para *download*.

Um inventário mais pormenorizado acerca da IG livremente disponível nos municípios analisados, como por exemplo o tipo apresentação quanto ao formato, visualização, camadas de informação disponíveis, metadados e outros, que pode ser consultado no ficheiro criado para o efeito e disponível para consulta [aqui](#). Salienta-se que se trata de um ficheiro em permanente atualização.

5. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA IG DO OSM NO CONCELHO DE ÁGUEDA

Águeda é sede de um município de Portugal. É um dos municípios da Região Centro NUTII de Portugal e Sub-região Baixo-Vouga NUTIII de Portugal e, segundo dados do Instituto Nacional de Estatística¹⁰, conta com 46134 habitantes. Tem uma área de 335 km² e subdivide-se em onze uniões de freguesias: Aguada de Cima; Águeda e Borralha; Barrô e Aguada de Baixo; Belazaima do Chão, Castanheira do Vouga e Agadão; Fermentelos; Macinhata do Vouga; Préstimo e Macieira de Alcoba; Recardães e Espinhel; Travassô e Óis da Ribeira; Trofa, Segadães e Lamas do Vouga; Valongo do Vouga (Figura 6).



Figura 6 – Concelho de Águeda

Como referido na Introdução, a escolha do Município de Águeda como área de aplicação do caso de estudo para esta tese, deve-se, essencialmente a três fatores: (i) existir uma grande quantidade de IG livremente disponível; (ii) por ser um dos municípios exemplo no desenvolvimento, utilização e disponibilização de software SIG *open source* e IG; (iii).

¹⁰ https://www.ine.pt/scripts/db_censos_2021.html

ser o município onde está localizada a ESTGA-UA e, conseqüentemente, onde existe uma maior facilidade de obtenção de informação necessária à realização do trabalho. A opção de analisar dados provenientes do projeto OSM prende-se com o facto de ser o maior e mais utilizado repositório de dados geográficos livres no município e, ainda, por se tratar de um projeto colaborativo com um número bastante elevado de colaboradores locais. Nos subcapítulos seguintes apresentam-se os dados e o material utilizado na avaliação da qualidade da IG do OSM no concelho de Águeda, assim como a descrição do trabalho realizado e os resultados obtidos. São, ainda, realizadas algumas considerações aos resultados obtidos.

5.1 DADOS E MATERIAL DE APOIO

Para a realização da análise da qualidade do OSM no concelho de Águeda houve a necessidade de recolher os seguintes dados, todos em formato *shapefile*¹¹ (vetorial) no sistema de referência WGS84, através do portal *Geofabrik*¹² (plataforma ligada ao projeto OSM onde é possível efetuar o download dos dados geográficos pretendidos):

- Ficheiro relativo ao tema Edificado (Edificado Agueda.shp);
- Ficheiro relativo ao tema Parques de Estacionamento (Estacionamento.shp);
- Ficheiro relativo ao tema da Rede Viária (Eixos da Rede Viaria OSM.shp);
- Ficheiro relativo ao tema dos Cursos de Água (Cursosagua.shp);
- Ficheiro relativo ao tema da Rede Ferroviária (CaminhodeFerro.shp);

Os temas referentes ao edificado e aos Parques de Estacionamento são do tipo polígono e os restantes são modelados por linhas (eixos). Os ficheiros foram importados contendo objetos de carater geográfico e respetiva informação alfanumérica (atributos). Seguidamente, todos os temas foram recortados (*Clip*) pelo limite do concelho. Para a realização deste procedimento foi utilizada a Carta Administrativa Oficial de Portugal - CAOP 2018 – obtida por download do site da Direção Geral do Território¹³.

¹¹ É um formato de armazenamento de dados vetoriais da ESRI para guardar a posição, a forma e atributos dos mesmos (<https://enterprise.arcgis.com/pt-br/portal/latest/use/shapefiles.htm>).

¹² <https://www.geofabrik.de/geofabrik/geofabrik.html>.

¹³ <https://www.dgterritorio.gov.pt/cartografia/cartografia-tematica/caop>

Para a avaliação dos elementos da qualidade Completude, Exatidão temática e Exatidão posicional no tema da Rede Viária, foi necessário obter dados geográficos de maior fiabilidade para comparação direta. Recorreu-se, assim, à cartografia oficial da rede viária à escala 1:10 000, no sistema de coordenadas ETRS89/ PT-TM06, homologada em novembro de 2015, que cobre a área do concelho de Águeda. O ficheiro em questão foi gentilmente cedido pela Comunidade Intermunicipal da Região de Aveiro (CIRA)¹⁴, mas a informação contida não estava preparada para a sua utilização num SIG (os eixos viários distribuídos por 16 folhas de cartografia para impressão). De frisar, ainda, que o sistema de referência não era o mesmo que os ficheiros cuja IG está a ser avaliada. Assim, e depois da sua importação para o projeto SIG utilizado neste trabalho (ArcMap), foi necessário preparar essa informação.

O processo iniciou-se com a eliminação das linhas de limite da grelha cartográfica (retângulos que representam os limites de cada folha da cartografia), seguido da junção (*Merge*) de todos os eixos da Rede Viária (uma vez que os eixos correspondentes a cada folha não estavam unidos aos das folhas contíguas). Por fim, fez-se um recorte dos eixos através do limite do Concelho de Águeda (Figura 7).

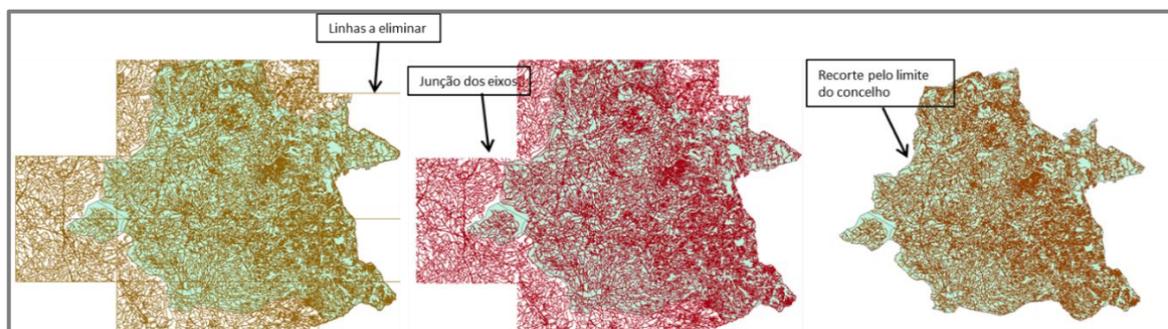


Figura 7- Seleção dos eixos viários da Rede Oficial no ArcGis

Ainda nesta fase procedeu-se à “limpeza” de informação que não poderia ser considerada Eixo da Rede Viária OSM, pois estavam marcadas linhas de degraus, de passeios, entre outros elementos, que não especificamente a rede viária. Este processo foi realizado a partir da seleção dos eixos viários. Após a seleção, procedeu-se à eliminação das linhas não consideradas eixos viário. Após este processo exportou-se o ficheiro em forma

¹⁴ <https://www.regiaodeaveiro.pt/pages/1>

shapefile com a identificação de Eixos da Rede Viária OSM e georreferenciada de acordo com o sistema de coordenadas ETRS89 / Portugal TM06 EPSG:3763.

Para a visualização, edição e análise da IG foram utilizados os softwares QGIS (software SIG livre com código-fonte aberto) e o ArcGIS (software SIG comercializado pela empresa ESRI). Esta necessidade da utilização dos dois softwares deveu-se à aplicação de certos métodos que só o ArcGIS dispõe face ao QGIS, como por exemplo na análise topológica e exatidão posicional.

Para uma melhor compreensão de realidade do território em análise, utilizou-se ainda informação de contexto que permitiu, de forma expedita, perceber alguns resultados obtidos. Essa informação consistiu no seguinte:

- OSMStandard (servidor de mapas) - QGIS
- GoogleMaps (WMS) - QGIS
- Ortofotomapas – Imagery e o Streets - ArcGIS
- GoogleEarth

A Figura 8 mostra, de forma esquemática, o início da parte prática desta tese.

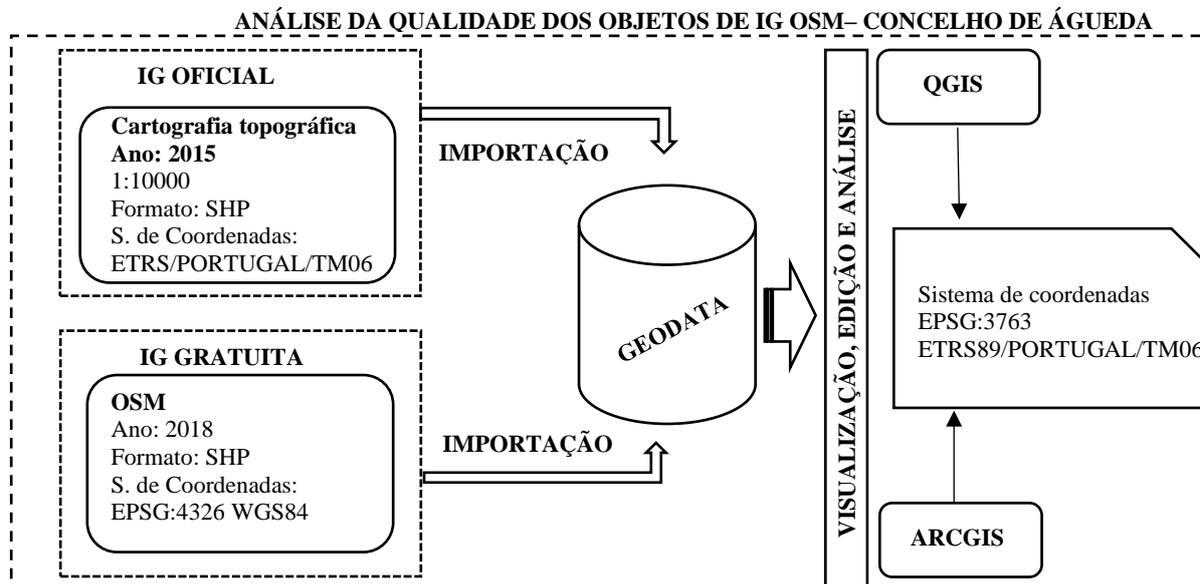


Figura 8 Preparação do Processo de análise da Qualidade dos objetos de IG OSM – O concelho de Águeda.

5.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE

A avaliação da qualidade dos dados de IG OSM permite obter um conjunto de informações que serão úteis para perceber até que ponto a IG livremente disponível pode ter interesse e de que forma pode vir a ser aplicada. Para isto, foram realizadas as etapas consideradas mais pertinentes em detrimento de outras, como por exemplo a avaliação da exatidão temporal porque os dados geográficos do OSM estão em continua inserção de objetos derivado ao facto de serem colocados por VGI. Assim passa-se à descrição das etapas realizadas nos pontos seguintes.

5.2.1 COMPLETUDE

A completude é um indicador de análise da qualidade que indica a comissão ou omissão dos dados em avaliação. A avaliação deste elemento foi realizada em duas partes, a primeira parte consistiu numa análise alfanumérica da IG OSM nos cinco temas em análise e a segunda parte visou a análise geográfica, apenas da Rede Viária, conforme a Figura 9:

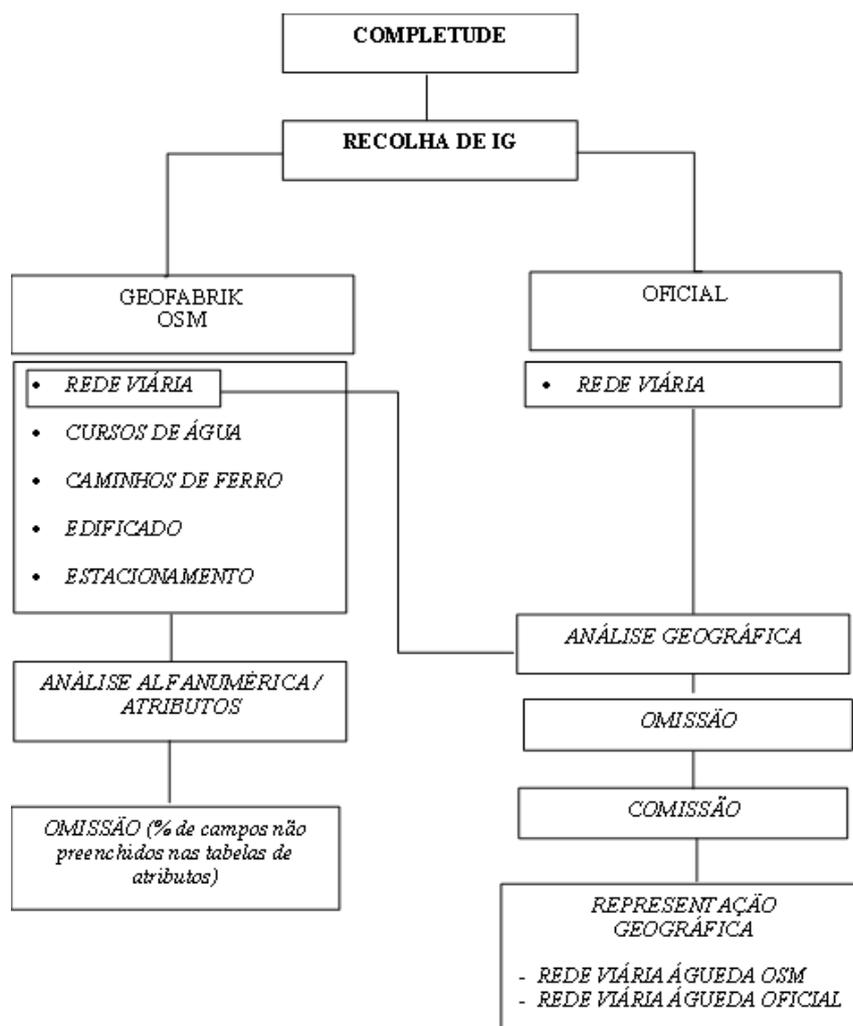


Figura 9 – Processo de análise da Completude

No procedimento da **análise alfanumérica** o trabalho consistiu em abrir a tabela de atributos de cada camada da IG do OSM e exportar para o formato em Excel. A IG neste formato permitiu calcular e verificar quantos registos em cada campo não estavam preenchidos. Deste modo, foi possível obter uma análise de omissão relativamente aos atributos.

Os resultados obtidos na camada Rede Viária OSM estão presentes na Tabela 7. Salienta-se que apenas dois dos campos da tabela de atributos apresentam informação em falta, “nome” e “referência” (campo que guarda o tipo de via), com 46,9% e 90,3% de percentagem em falta, respetivamente.

Tabela 7- Completude de vias

osm_id	código	classe	nome	referência	vias	velocidade máxima	camada	ponte	túnel
5822	5822	5822	3093	562	5822	5822	5822	5822	5822
Campos sem preenchimento	0	0	2729	5260	0	0	0	0	0
Erro de omissão (% de campos sem preenchimento)	0%	0%	46,9%	90,3%	0%	0%	0%	0%	0%

No que respeita a análise da completude da camada Estacionamento, com 65 objetos representados encontrou-se a ausência do nome com uma percentagem de omissão muito elevada - 69,2% (Tabela 8).

Tabela 8 – Completude de estacionamento

osm_id	código	classe	nome
65	65	65	20
campos sem preenchimento	0	0	45
Erro de omissão (% de campos sem preenchimento)	0%	0%	69,2%

Na camada dos Cursos de Água, com um total de 70 objetos identificados foi possível verificar-se ausência de nome um total de 23, o que corresponde a um erro de omissão de 32,9% (ver tabela 9).

Tabela 9- Completude de Cursos de Água

osm_id	código	classe	nome
70	70	70	47
campos sem preenchimento	0	0	23
Erro de omissão (% de campos sem preenchimento)	0%	0%	32,9%

Quanto à completude da camada Edifícios, foram identificados um total de 3649 objetos. Relativamente à identificação do nome verificou-se a falta de informação em 3346 deles, relativamente ao campo do tipo de dados (*type*) temos uma falta de informação em 2027 registos. O Erro de omissão obtido foi de 91,7% (novamente um valor bastante elevado) para o “nome” e de 55,5% para o “tipo” (tabela 10).

Tabela 10 - Completude de Edifícios

osm_id	classe	nome	tipo
3649	3649	303	1622
campos sem preenchimento	0	3346	2027
Erro de omissão (% de campos sem preenchimento)	0%	91,7%	55,5%

Por último, na análise da completude da camada caminhos de ferro, do total de 46 eixos identificados, contabilizou-se um total de 20 registos quanto ao campo “nome”, o que corresponde a um erro de omissão de 43,5% (tabela 11).

Tabela 11 - Completude de Caminhos de Ferro

osm_id	código	classe	nome
46	46	46	26
campos sem preenchimento	0	0	20
Erro de omissão (% de campos sem preenchimento)	0%	0%	43,5%

De uma forma global é possível afirmar que o atributo com menos completude é o nome, o que inviabiliza análises em que é necessária a identificação dos objetos através do nome.

A análise da completude na **componente geográfica** foi realizada por comparação direta entre a Rede Viária OSM e a Rede Viária Oficial. Neste âmbito, para obtenção dos parâmetros de comissão e omissão, houve a necessidade da utilização do *software* ArcMap e seguir os seguintes passos:

1. Visualizar simultaneamente os dois temas com simbologia diferentes (cores bastante distintas), sempre com informação de contexto presente;
2. Através de numa análise visual, verificou-se que havia objetos (eixos viários) representados na Carta Topográfica Oficial que não existiam na Rede Viária OSM e vice-versa. Para ser possível uma análise quantitativa era necessário efetuar uma interseção das duas redes a fim de encontrar os eixos comuns;
3. Proceder ao uso da ferramenta *Intersect* entre a Rede Viária OSM e a Rede Viária Oficial com a tolerância de 1 metro. A escolha de 1m de tolerância deve-se ao facto de os eixos viários não estarem coincidentes. O algoritmo utilizado pelo ArcMap com a tolerância de 1 m faz a leitura mais fidedigna face à distância existente entre os eixos viários. Quando

aplicada uma tolerância superior a 1 metro, como por exemplo 2 metros, o algoritmo percorre os eixos viários e vai buscar linhas que não fazem parte da relação com o mesmo eixo viário de referência. Esta questão está diretamente relacionada com o erro de exatidão posicional (a ver mais à frente neste documento), ou seja, para encontrar o valor correto da tolerância foi necessário ter a noção do erro de exatidão posicional presente na rede OSM. Se não existisse o erro de exatidão posicional não seria necessário utilizar um valor de tolerância porque as duas redes seriam coincidentes, o que na realidade nunca acontece;

4. Os eixos em falta na Rede Viária OSM, que vão corresponder ao erro de omissão, foram obtidos fazendo a diferença entre a Rede Viária Oficial e a interseção das duas redes. Já o erro de comissão, eixos a mais na Rede Viária OSM, foi obtido através da subtração entre A Rede Viária OSM e a interseção das duas redes. Estes procedimentos de análise espacial de sobreposição de temas deram origem a dois novos temas de IG. Para além da identificação visual dos resultados obtidos, efetuou-se o cálculo dos comprimentos totais dos temas resultantes elaborou-se Tabela 12 com os respetivos valores. Pelo que foi referido no ponto anterior, estes valores não estão totalmente isentos de um erro residual que advém das situações em que os erros de exatidão posicional são superiores a um metro (que não vão entrar na interseção). Note-se que a subtração direta entre as duas redes não permitiria a perceção dos dois tipos de erro (omissão e comissão).

Tabela 12 – Análise de erros de omissão e comissão da Rede Viária OSM

Dados Disponíveis	Total	Complectude	Coefficiente
Rede Viária – Eixos Oficial interceção	1502,37 km		
Oficial menos a Interceção c/ tolerância 1m	324,402 km	Omissão	17,8%
OSM menos a Interceção c/ tolerância de 1m	464,403 km	Comissão	23,6%

Neste ponto, é de extrema importância referir que os erros de comissão obtidos, na realidade não correspondem a erros reais, ou seja, não são representações de eixos que não existem no terreno, mas que correspondem a IG do OSM mais atualizada que a Rede Oficial de 2015 (Figura 10). Assim, o que importa reter são os erros de omissão, 324,40 km que ainda não foram levantados pelos VGI do OSM.

Rede Viária do Município de Águeda

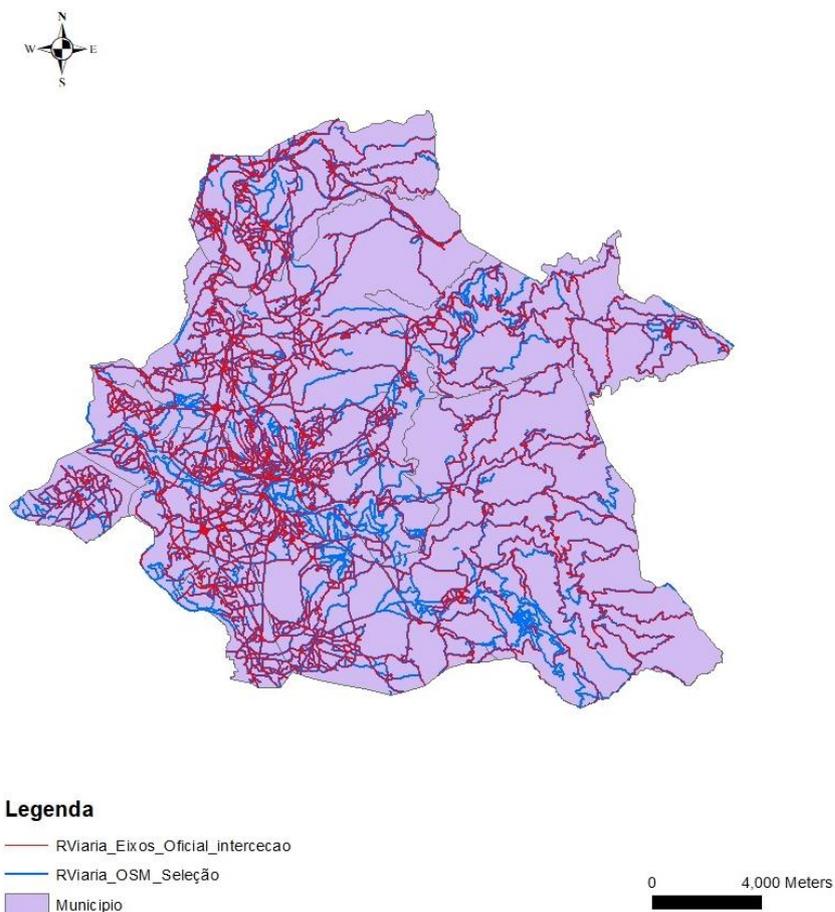


Figura 10 – Visualização dos erros de comissão.

5.2.2 CONSISTÊNCIA LÓGICA

A Consistência Lógica, como um elemento de verificação da qualidade dos dados, segundo ISO 19157:2013, refere-se à estrutura dos dados, a atribuição e os relacionamentos. Permite compreender o cumprimento das regras lógicas de um determinado conjunto de objetos, os seus atributos e as suas relações. Na consistência lógica serão abordados na análise a consistência conceptual, a consistência de domínio, a consistência de formato e a consistência topológica.

CONSISTÊNCIA CONCEPTUAL

A consistência conceptual permite analisar o modelo conceptual de acordo com as classes. Neste âmbito será realizada uma análise das classes da Rede Viária OSM

comparativamente às classes da Rede Viária Oficial. Esta análise permite compreender determinadas incongruências no uso e atribuição de classes. O procedimento consistiu na análise da rede viária OSM uma vez que, só temos como elemento de comparação a rede viária oficial. Assim, da IG OSM recolhida o passo seguinte foi perceber se as classes atribuídas estavam de acordo com a consistência conceptual fornecida pelo Wiki OSM¹⁵. Através do Wiki OSM foi possível obter a lista de *Key's* que descrevem as respetivas classes dos objetos em análise. No processo e com a utilização do QGIS, através dos objetos já introduzidos, utilizou-se a ferramenta de pesquisa *Random* de pontos aleatórios em toda a extensão do Concelho de Águeda. Isto veio permitir perceber a coerência, a consistência quanto ao seu formato conceptual específico da Rede Viária OSM em comparação com a Rede Viária Oficial, a exemplo da Figura 11 seguinte:

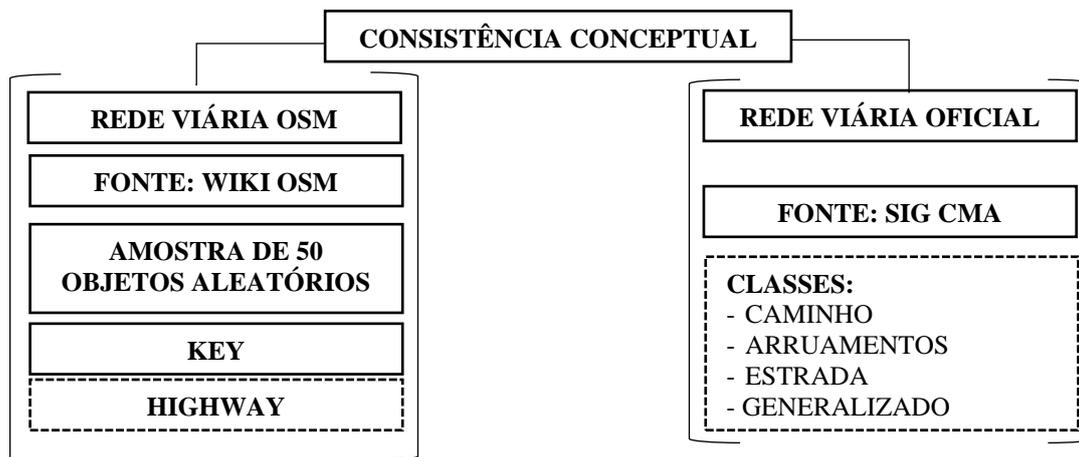


Figura 11 – Processo de análise da Consistência Conceptual da rede viária de 50 objetos aleatórios do Concelho de Águeda.

¹⁵ https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Main_Page

Deste modo, a análise da qualidade foi abordada no âmbito da consistência conceptual da classificação da IG da rede viária no OSM. Assim, de acordo com os dados do OSM para Rede Viária, a sua *Key* é definida como *Highway* (OpenStreetMap Wiki, 2019a), variando no atributo *Value* de acordo com a Tabela 13.

Tabela 13- Classificação da Rede Viária OSM –de acordo com a informação no wiki.openstreetmap.org(OpenStreetMap Wiki, 2019b)

Key	Value	Nº de registos	c/nome	s/nome	% c/nome	% s/nome
Highway	bridleway	2	0	2	0,00	0,04
Highway	cycleway	8	0	8	0,00	0,16
Highway	motorway	32	0	32	0,00	0,65
Highway	Motorway_link	13	0	13	0,00	0,27
Highway	pedestrian	52	26	36	0,49	0,74
Highway	primary	178	134	44	2,74	0,90
Highway	Primary_link	42	6	36	0,12	0,74
Highway	Residential	2439	2003	436	40,97	8,92
Highway	Secondary	74	39	35	0,80	0,72
Highway	Secondary_link	6	6	0	0,12	0,00
Highway	Service	260	30	230	0,61	4,70
Highway	Tertiary	385	305	80	6,24	1,64
Highway	Tertiary_link	58	48	10	0,98	0,20
Highway	Track	491	122	369	2,50	7,55
Highway	Track_grade1	4	1	3	0,02	0,06
Highway	Track_grade2	55	19	36	0,39	0,74
Highway	Track_grade3	147	21	126	0,43	2,58
Highway	Track_grade4	100	8	92	0,16	1,88
Highway	Track_grade5	35	0	35	0,00	0,72
Highway	Trunk	38	17	21	0,35	0,43
Highway	Trunk_link	34	2	32	0,04	0,65
Highway	Unclassified	378	234	144	4,79	2,95
Highway	Unknown	57	21	36	0,43	0,74
Highway	Em branco	1	0	1	0,00	0,02
Totais	4889		3042	1857	62,18%	37,98%

Numa análise da qualidade dos dados recolhidos do OSM, no caso específico a rede viária, revelaram-se algumas inconsistências nos 4889 eixos viários, isto é, a classificação de algumas vias com a classe incorreta. A justificação para tal inconsistência está numa

análise a partir do atributo *Key* e o *Value*. A *key* corresponde ao tipo de identificação, a categoria principal, quanto à descrição do atributo, o *Value*, como que a classe atribuída.

Na obtenção de uma análise amostral mais pequena, procedeu-se à seleção aleatória de 50 pontos de IG OSM.

A partir de uma escolha aleatória de 50 pontos da rede viária passou a realizar-se uma análise da classificação atribuída relativamente à consistência conceptual (ver Tabela 14).

Tabela 14 - Tabela de Seleção aleatória da Rede Viária OSM – in QGIS

osm_id	code	fclass	name	ref
82608784	5122	residential	Rua Engenheiro J8lio Portela	
86969851	5122	residential	Rua do Passal	
91147382	5121	unclassified	Rua da Catraia	
92519618	5141	service		
93535944	5115	tertiary	Rua do Covão	
94021359	5115	tertiary	Rua do Carvalho	EM 574
95597490	5122	residential	Rua Manuel Marques	
97139292	5122	residential	Praceta da Carapeteira	
97241415	5122	residential	Rua da Avisada	
97546086	5122	residential	Rua Maria Aguiar S. da Cruz	
98240893	5115	tertiary	Rua do Campo	CM 1625
99244778	5115	tertiary	Rua Josy Lu	EM 574
102739459	5122	residential	Rua da Prala	
103313088	5122	residential	Rua da Corga	
104435785	5122	residential	Travessa General Pires Tavares	
106598000	5122	residential		
107247017	5145	track_grade3		
117980852	5147	track_grade5		
121769473	5122	residential	Rua Limite das Almas	
121904958	5122	residential	Rua 7	
140445826	5146	track_grade4		
140499228	5146	track_grade4		
150990958	5122	residential	Rua das Eiras	
153888730	5122	residential	Praia DR Ant	
158587497	5122	residential		
162695536	5112	trunk		EN 333
170023995	5122	residential	Rua das Cardias	
239632266	5122	residential	Rua da Gindara	

253136789	5115	tertiary	Rua da Vila	
329251630	5141	service		
343556983	5147	track_grade5		
397265118	5122	residential	Rua do Valado	
405792335	5122	residential	Rua da Fonte	
429272058	5142	track	Caminho da Presa	
446918527	5142	track		
450070625	5122	residential	Canto do Platanos	
457333201	5144	track_grade2		
535559877	5122	residential	Rua da Eira Nova	
547733791	5121	unclassified		
556761722	5112	trunk	Rua dos Industriais	EN 333
557013566	5115	tertiary	Rua Padre Manuel Ferreira da Costa	EM 574
557013575	5115	tertiary	Rua do Alfusqueiro	EM 574
570000621	5122	residential	Rua do Pavilh'o	
582853400	5122	residential	Rua da Arrlta Velha	
98521481	5122	residential	Rua da Casa do Povo	
114543566	5121	unclassified	Rua do Fontdo	
143927761	5122	residential		
397050095	5115	tertiary	Rua Doutor Eugenio Ribeiro	
462392850	5111	motorway		A 25
681819442	5122	residential	Rua da Chousa	

A classificação utilizada foi de acordo com a classificação atribuída por parte do OSM. Assim, contabilizados os objetos foi possível criar a tabela matriz de confusão (Tabela 15) com os vários resultados da classificação da rede viária no OSM:

Tabela 15- Matriz de confusão relativa à classificação da seleção aleatória da Rede Viária no OSM

	Motorway	Residential	Service	Tertiary	Track	Track_grade1	Track_grade2	Track_grade3	Track_grade4	Track_grade5	Trunck	Unclassified	Total
Motorway	1												1
Residential		17		3									20
Service		1	0										1
Tertiary		1		4									5
Track		2			0							1	3
Track_grade1						0							0
Track_grade2							0						0
Track_grade3								0					0
Track_grade4					1				0				1
Track_grade5										0			0
Trunck											1		1
Unclassified		5	2	1	1	0	1	1	2	2	1	2	18
Total	1	26	2	8	2	0	1	1	2	2	2	3	50
Exatidão por classes	100%	65%	0%	50%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	67%	
Exatidão por utilizador	100%	85%	0%	80%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	11%	
Classificação Geral	80%												

De acordo com a informação detalhada e apresentada na tabela anterior, a leitura que poderá ser feita aos objetos do OSM é que a classificação que permite ter uma leitura a 100% correta é a denominada *Motorway* (classificação que corresponde às autoestradas, IP's). Mas, o principal destaque está na classificação das vias como *Residential*, em que só cerca de 65% é que está bem classificada. Na classificação atribuída pelos utilizadores só 85% é que está corretamente classificado.

Poder-se-á referir, ainda, que o grande número de classificação para além da classificação *Residential*, é a classificação *Unclassified* tendo a maior Erro de omissão (% de campos sem preenchimento) 67%, a seguir à classificação *Motorway*.

A título de comparação, a Rede Viária Oficial, a classifica as suas classes de maneira diferente e, acaba por dar uma leitura diferente. A Rede Viária Oficial apresenta quatro classes principais (Figura 12).

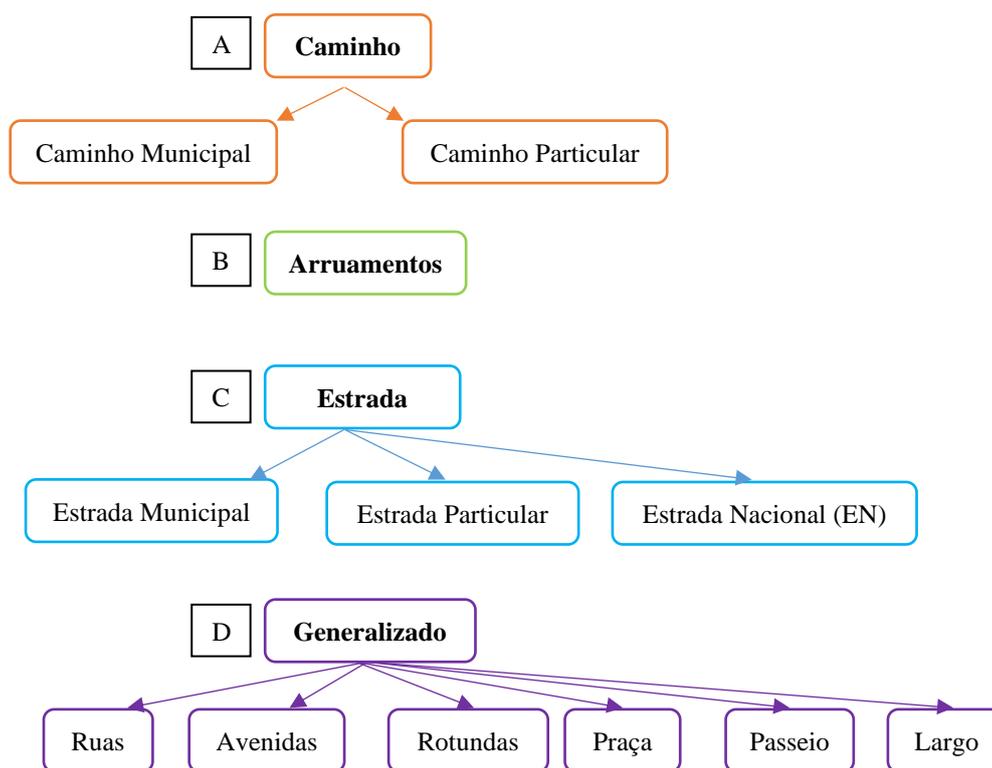


Figura 12- Representação das classes da Rede Viária Oficial

Todas estão classificadas, apenas a nota para o código 10010312, em que acaba por não ter a criação de uma diferença quanto à classificação. Coloca tudo com a mesma

classificação a exemplo «Rua, Avenida, Rotunda, Praça, Passeio, Largo». Esta é uma das principais diferenças relativamente à classificação apresentada pelo OSM.

Desta forma, a classe atribuída D, é a classe de maior número de IG, sendo que só 58% tem nome atribuído.

CONSISTÊNCIA DE FORMATO

A consistência de formato permite analisar em que modo se apresentam os objetos de IG OSM. Deste modo, a obtenção da IG OSM apresentou-se sob a forma de *ESRI shapefile* em todos os seus níveis: a rede viária, o edificado, os cursos de água, os caminhos de ferro e o estacionamento. Este formato permitiu a importação dos mesmos nos softwares QGIS e ArcGIS com a necessária transformação ao nível do sistema de coordenadas. A forma de representação foi de acordo com o sistema de coordenadas ETRS89 / Portugal TM06 EPSG:3763.

Assim, foi possível através da utilização dos softwares QGIS e ArcMap abrir a IG e ser possível a leitura e a interpretação dos objetos, de maneira a descodificar a ler, entender e editar. Ou seja, verifica-se que as várias camadas de informação avaliadas apresentam consistência de formato.

CONSISTÊNCIA DE DOMÍNIO

Ao longo deste trabalho não houve nenhum procedimento específico para a avaliação deste elemento. No entanto, de todos os procedimentos efetuados para a avaliação da qualidade nos outros parâmetros não foi encontrado qualquer erro deste tipo.

CONSISTÊNCIA TOPOLÓGICA

A consistência topológica permite analisar os objetos presentes na IG OSM quanto à sua representação planimétrica e geográfica, do tipo linha ou polígono, na deteção de possíveis erros. O processo consistiu, em aplicar as regras de deteção de erros topológicos à totalidade dos objetos presentes nos temas Edificado, Estacionamento e Rede Viária por meio do uso dos softwares QGIS e ArcGIS. As regras aplicadas foram as seguintes:

- *Must not have gaps* - regra que consiste em analisar se os polígonos não têm falhas, ou seja se não existem polígonos falsos;

- *Must not overlap* – permite analisar se existem sobreposições de polígonos, ou linhas, dentro da mesma camada. No caso específico das linhas, permite saber se existem linhas que não devem ocupar o mesmo espaço que outras linhas;
- *Must not have dangles* - permite analisar se nos temas de linhas existem pontas soltas (linhas que não chegam aos entroncamentos ou cruzamentos ou linhas que não acabam nos entroncamentos ou cruzamentos).
- *Must Not Have Pseudo Nodes* - aplica-se na análise dos temas de linhas para verificar se todos os eixos estão quebrados nas interseções e se não existem nós fora destas;

Na Figura 13 é possível observar o esquema de procedimentos seguido nesta fase.

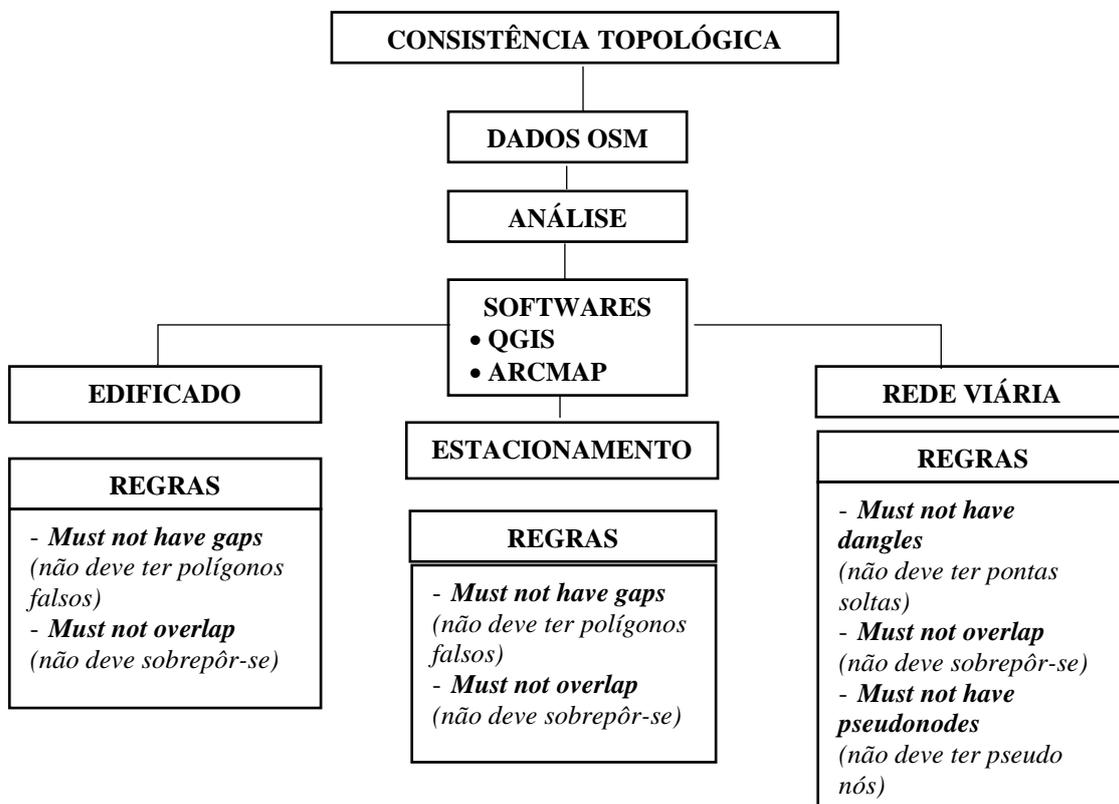


Figura 13 – Processo de análise da Consistência Topológica

Após a aplicação das regras nos temas Edificado e Parques de Estacionamento, nos dois softwares, obtiveram-se os resultados presentes na Tabela 16.

Tabela 16 – Erros topológicos dos temas (do tipo polígono) OSM – no ArcMap e no QGIS

Regras	ArcMap		QGIS
	Erros	Exceções	Erros
<i>Must Not Have Gaps</i> (Não deve ter falhas)			
edificiosagueda	0	0	25
<i>Must Not Overlap</i> (Não deve sobrepor-se)			
edificiosagueda	0	0	21
Total	0		46
Regras	ArcMap		QGIS
	Erros	Exceções	Erros
<i>Must Not Overlap</i> (Não deve sobrepor-se)			
Estacionamento	0	0	0
<i>Must Not Have Gaps</i> (Não deve ter falhas)			
Estacionamento	0	0	0
Total	0	0	0

Quando se constatou que os erros topológicos encontrados correspondiam apenas ao tema Edificado e encontrados através do algoritmo utilizado no software QGIS foi necessário perceber que erros seriam estes e que algoritmo estaria a ser mais fiável. Visualizaram-se, um a um, os 46 erros encontrados e com a ajuda da informação de contexto e, em alguns casos, do reconhecimento no terreno, foi possível concluir que a totalidade dos erros correspondia a situações de polígonos dentro de polígonos, ou seja, por exemplo, representações de pátios interiores de edifícios. Relativamente a esta situação conclui-se que o algoritmo do QGIS não resolve estas situações de forma correta, considerando erro o que não é, como é possível verificar a partir da Figura 14:

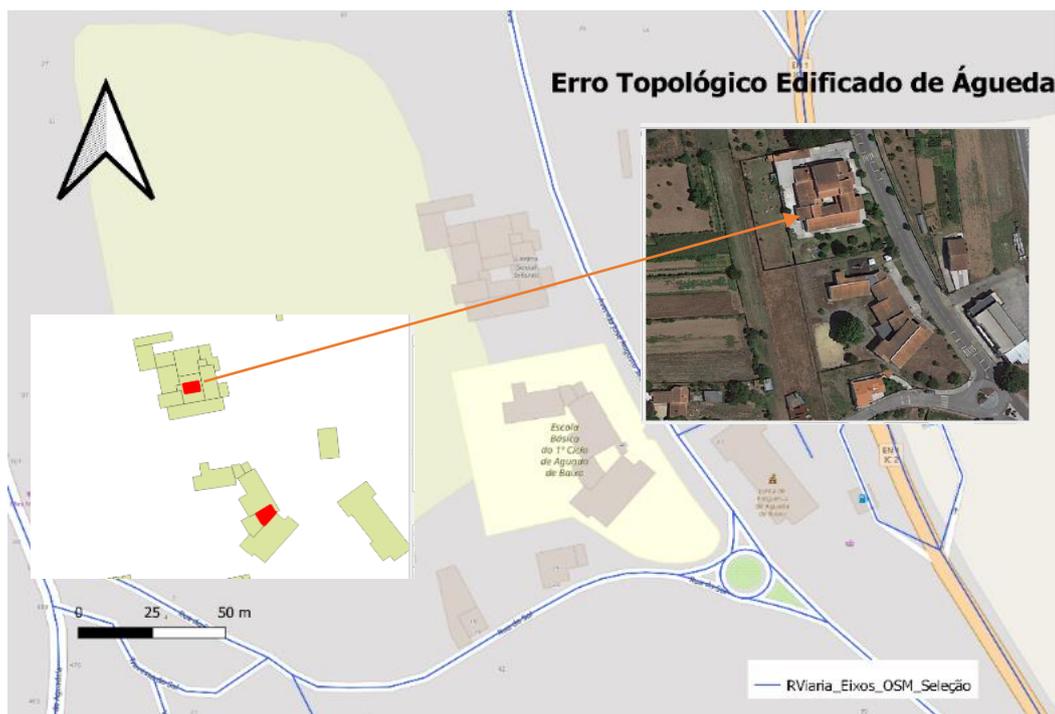


Figura 14- Erro detetado pelo QGIS, que na realidade não é.

Importa referir que o QGIS, nesta temática, ainda é limitado quanto à verificação topológica face ao ArcMap uma vez que não é possível gerar um sumário e exportar os erros topológicos encontrados como ficheiro, apenas permite a sua visualização.

Da aplicação das regras enunciadas anteriormente aos eixos da Rede Viária OSM, obtiveram-se os resultados mostrados na Tabela 17.

Tabela 17 – Resultados obtidos na avaliação da consistência topológica do tema da Rede Viária do OSM.

Regras	ArcMap		QGIS
	Erros	Exceções	Erros
Must Not Overlap			
Eixos_RedeViaria_OSM	0	0	0
Must Not Have Dangles			
Eixos_RedeViaria_OSM	1333	0	4911
Must Not Have Pseudo Nodes			
Eixos_RedeViaria_OSM	714	0	903
Total (os erros do tipo pontas soltas no ArcMap, depois de serem analisados foram marcados como exceções)	714	1333	5814

A obtenção do número elevado de erros do tipo “pontas soltas” já era, em parte, esperado, uma vez que aquando do corte da Rede Viária OSM pelo limite do concelho de Águeda todos os eixos presentes nesse limite ficaram cortados dando origem a “pontas soltas”. Estes casos não correspondem a erros verdadeiros e por isso terão que ser marcados como exceções. Ao se analisar os restantes erros encontrados no ArcGIS, verificaram-se mais duas situações distintas: erros que correspondiam a vias sem saída, pelo que também foram marcados como exceções, e vias sem continuidade, ou seja vias cujo levantamento não foi terminado. Perante este facto, levantou-se a questão se estes erros são de consistência topológica ou se completude e que já foram contabilizados na avaliação nesse parâmetro. Concluiu-se que os erros são de completude e marcaram-se como exceções. Resumindo, os 1333 erros de pontas soltas detetados através do algoritmo utilizado no ArcGIS correspondiam na totalidade a exceções.

Sabendo que 1333 erros detetados são exceções, no caso do QGIS ainda existiam 3578. Este total expressivo deve-se à contabilização de situações de interseções nos eixos viários que aparentemente não estão quebradas (Figura 15). Estes erros devem ser analisados com maior detalhe e contabilizados como tal. O algoritmo presente no ArcGIS, mesmo sem a indicação do utilizador, quebra automaticamente todas as interseções que não estejam quebradas no ficheiro original, quando se faz uma verificação da consistência topológica num tema de linhas. Assim, conclui-se que o algoritmo do QGIS não faz esta operação e que os erros detetados estão presentes na rede que se está a avaliar.

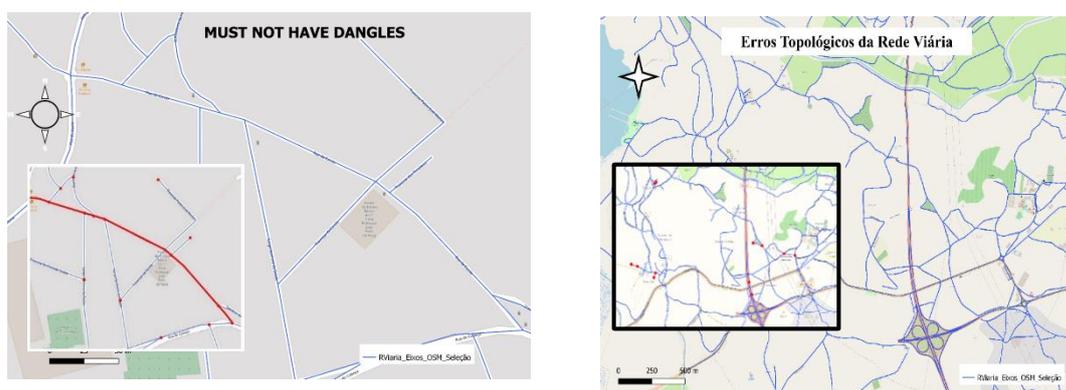


Figura 15- Imagem de deteção de erro topológico segundo a regra: *Must not have dangles* - QGIS

Na utilização da regra de *Must not have pseudo-nodes*, verificou-se que o QGIS apresenta o resultado de 903 erros (Figura 16) e que o ArcMap identifica 714 erros. Esta

comparação de resultados entre os dois softwares revela que ao nível da análise da qualidade topológica dos dados os programas apresentam valores diferentes. Na análise realizada no ArcGis revela dados mais coerentes. Numa verificação aleatória destes erros foi possível verificar que se trata de erros na digitalização dos eixos, introduzindo nós fora das interseções.



Figura 16 - Imagem de deteção de erro topológico segundo a regra: *Must not have pseudonodes* - QGIS

5.2.4 EXATIDÃO POSICIONAL

Na exatidão posicional obtém-se a indicação da proximidade que determinado dado espacial tem em relação à realidade no terreno. A avaliação da exatidão posicional da Rede Viária OSM foi realizada em comparação com a Rede Viária Oficial, utilizando uma metodologia combinada com a comparação de pontos homólogos nas duas redes e a utilização de buffers construídos a partir da rede de referência.

Seria fácil avaliar este parâmetro utilizando uma abordagem tradicional, onde seriam gerados aleatoriamente pontos na rede do OSM e comparadas as suas coordenadas planimétricas com outras obtidas, por exemplo, através de um levantamento GPS de precisão nesses pontos. Mas, o objetivo do trabalho era fazer a avaliação através de informação de referência existente à partida. O problema principal desta abordagem é a identificação inequívoca de eixos e/ou pontos homólogos nas duas redes, ainda mais que elas não são coincidentes no número de eixos representados. Desta forma, fizeram-se alguns testes de abordagens possíveis que se descrevem de seguida.

Neste processo de análise, dada à necessidade de cálculo da distância entre eixos viários OSM e Oficial, no software QGIS a distância entre os eixos viários foi calculada por meio da ferramenta *Distance matrix*. A aplicação deste método obrigou à transformação dos eixos viários em pontos. Este facto permite tirar a conclusão que os pontos não sendo coincidentes na sua distribuição, uma vez que o algoritmo utilizado pelo QGIS não distribui equitativa os respetivos pontos, nem os coloca em sítios homólogos, não poderemos calcular a distância entre eixos viários diretamente de forma a obter a exatidão posicional (por este método não é possível determinar os pontos homólogos).

A nível do resultado existe uma diferença visível na colocação dos respetivos pontos (ver figura 17) de acordo com os eixos viários.

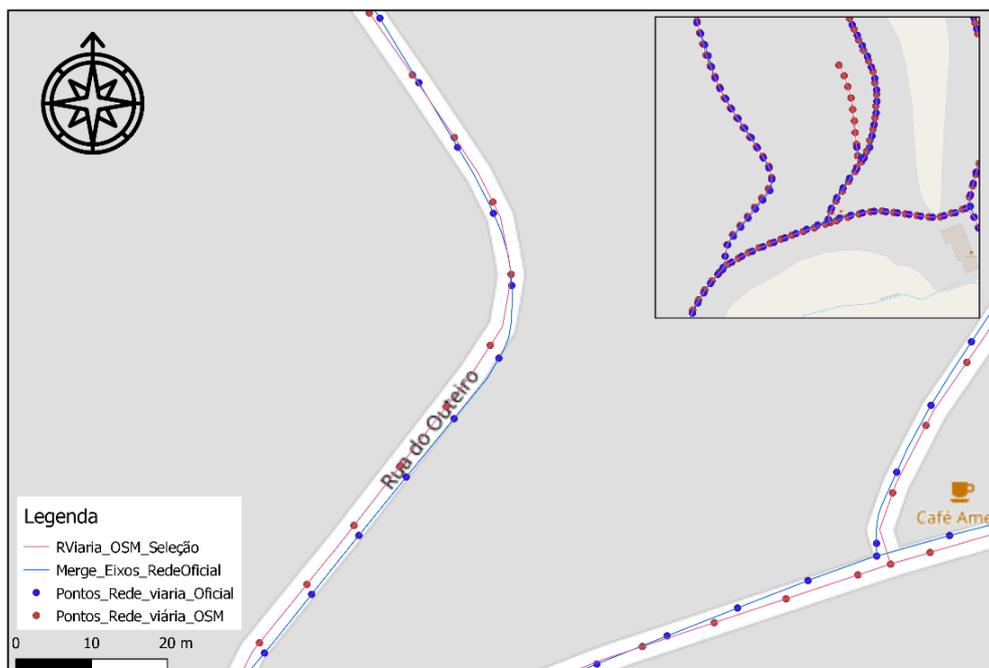


Figura 17- Distância entre pontos dos Eixos da Rede Viária Oficial e a Rede Viária do OSM – in QGIS

Na análise da exatidão posicional no software ArcMap seguiu-se o esquema presente na Figura 18.

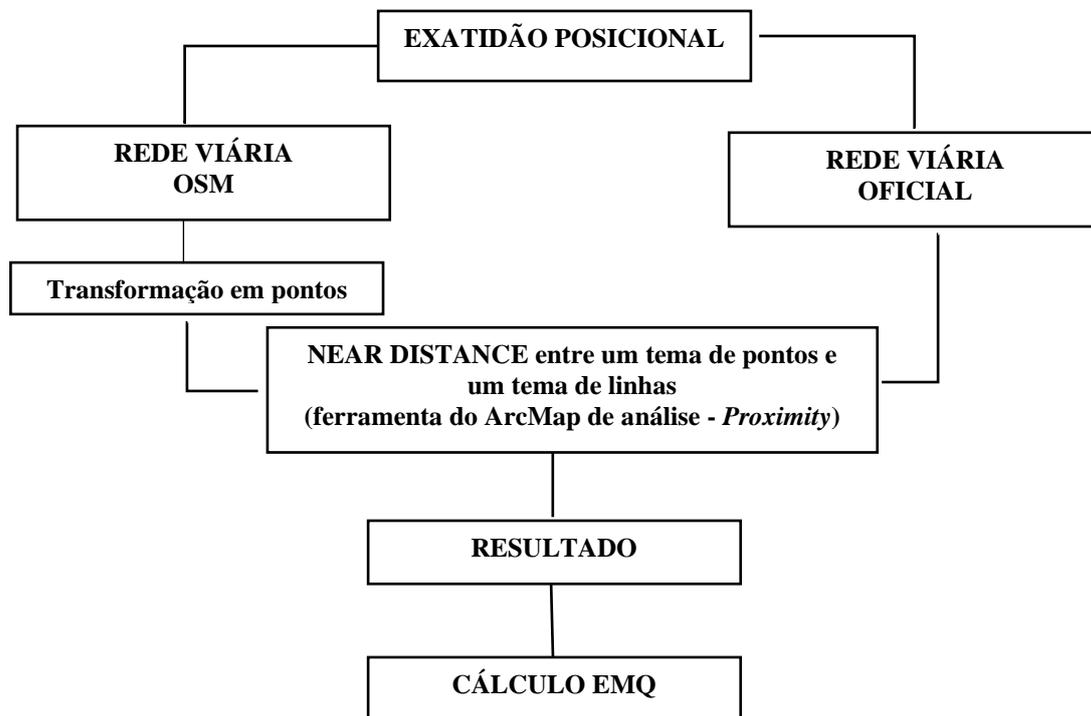


Figura 18 – Processo de análise da Exatidão Posicional na Rede Viária.

Primeiro houve a necessidade de transformar os eixos viários da Rede Viária OSM num tema de pontos. Seguidamente, através da ferramenta *Near distance* calcularam-se as distâncias entre os pontos da Rede Viária OSM e os eixos viários da Rede Oficial. O algoritmo utilizado calcula a distância de cada ponto da Rede Viária OSM ao ponto que lhe fica mais próximo da Rede Viária Oficial.

A utilização do *Near distance* exige a atribuição de um valor de tolerância, ou seja, um valor máximo dentro do qual o algoritmo procura os homólogos na rede de referência (o tema do tipo linha). Depois de algumas experiências efetuadas com a atribuição de vários valores de tolerância, assim como, algumas medições realizadas manualmente, e de forma aleatória, da distância entre os homólogos concluiu-se que o erro de exatidão posicional estaria abaixo de 1 metro. Desta forma, a tolerância empregue foi de 1 metro.

O uso desta ferramenta gerou na tabela de atributos do tema Rede Viária OSM o campo da distância calculada. Os resultados foram exportados para Excel onde se calculou o EMQ aplicando a fórmula da equação 2. O valor obtido foi de 0,673 metros, com um desvio de padrão de 0,27 metros e uma média de 0,45 metros. Esta avaliação foi feita pelos

337 pontos homólogos, uma vez que os outros foram eliminados por não terem correspondência.

5.2.5 EXATIDÃO TEMÁTICA

A análise da exatidão temática consistiu, na avaliação da classificação dos objetos representados no próprio servidor de mapas do projeto OSM¹⁶ (ver Figura 21), e não dos dados descarregados através da plataforma *Geofabrik*.

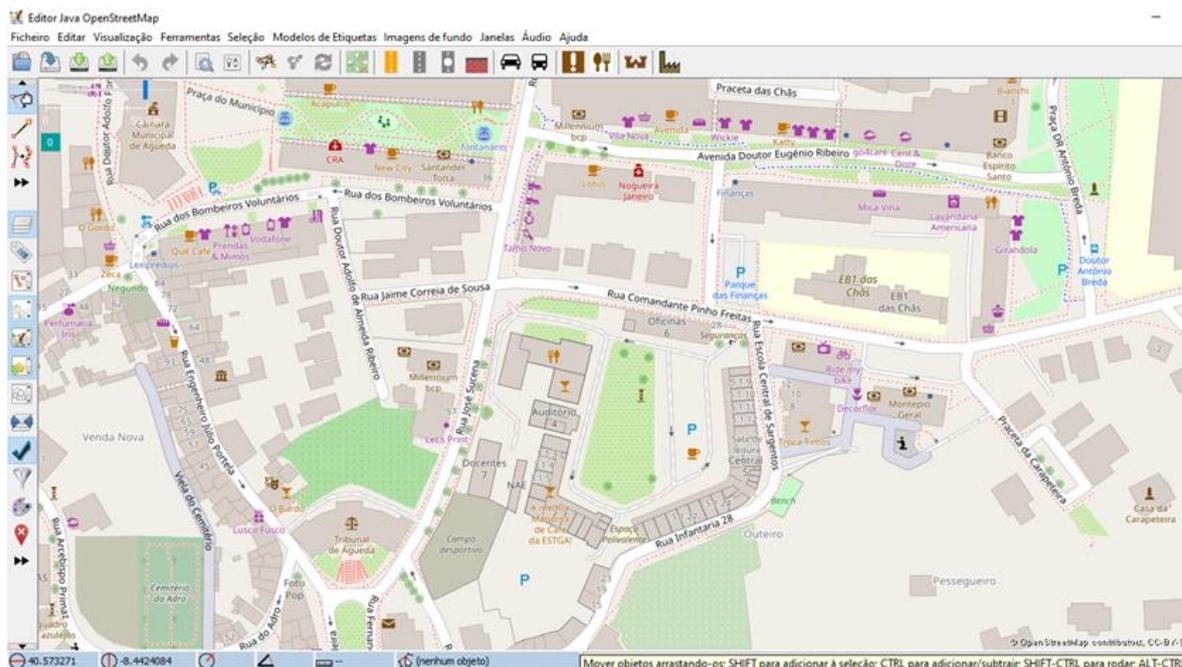
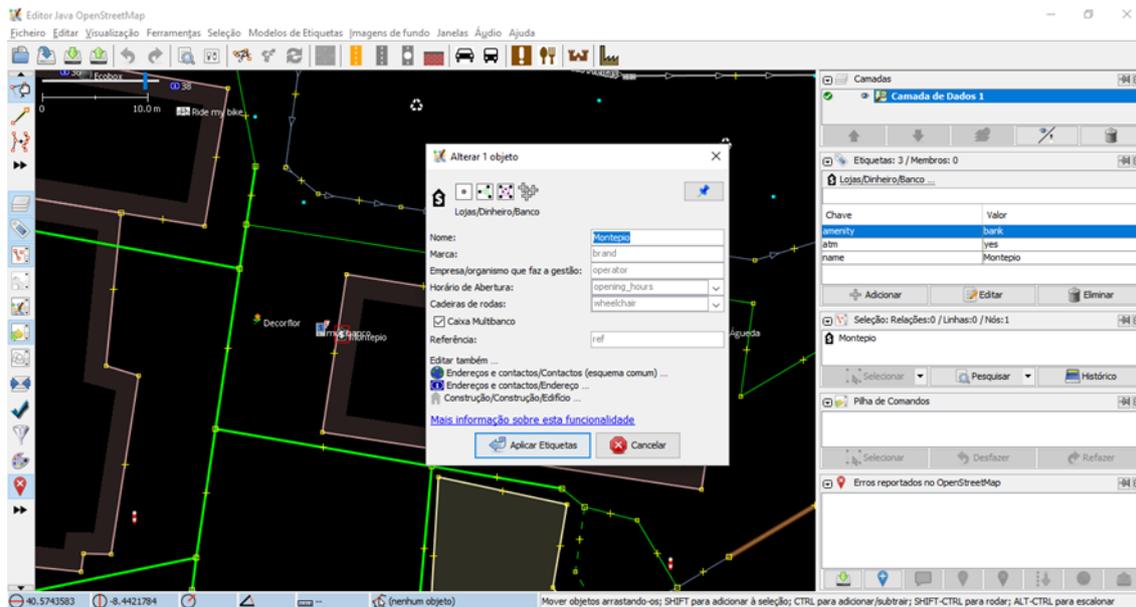


Figura 19 – Visualização de uma parte do Concelho de Águeda no Editor Java OSM

A partir da utilização do software QGIS, e com a visualização do OSM *Standard*, geraram-se 50 pontos aleatoriamente através da ferramenta *Random extend*. Esta ferramenta usa o algoritmo para criar uma nova camada de um determinado número de pontos aleatórios e numa determinada extensão, que no caso específico foi o Concelho de Águeda. Um outro aspeto é a possibilidade de determinar uma distância para que os pontos não fiquem muito próximos uns dos outros, aumentando a probabilidade de ser diferentes. Esta possibilidade fez com que os pontos aleatórios criados no Concelho de Águeda abrangessem diferentes tipos de classes e localização quanto à extensão.

¹⁶ <https://www.openstreetmap.org/#map=19/40.57434/-8.44398>

Para cada um ponto foi necessário perceber a classe atribuída a cada ID e se este estava corretamente identificado. Para tal, utilizou-se o JOSM - Editor Java OSM para compreender a classificação atribuída (Figura 22). A camada de pontos foi também sobreposta à informação de contexto utilizada neste trabalho (ortofotos e GoogleMaps), para que se conseguisse identificar, na realidade, o objeto representado.



b)

Figura 20 – Acesso e edição de informação no Editor Java OSM

A tabela 18 apresenta os resultados obtidos nesta avaliação.

Tabela 18- Matriz de confusão ou de erro

	Amenidade	Acesso	Barreiras	Limite	Edifício	Estrada	Uso do Solo	Lazer	Natural	Nenhuma Característica	Sinal de Tráfego	Rio	Totais
Amenidade	0												0
Acesso		0											0
Barreiras			1										1
Limite				6									6
Edifício					6								6
Estrada						5							5
Uso do Solo				1	1		12		1				15
Lazer								2					2
Natural									2				2
Nenhuma Característica	1						9			0			10
Sinal de Tráfego		2									0		2
Rio												1	1
Totais	1	2	1	7	7	5	21	2	3	0	0	1	50
Exatidão de classes	0%	0%	100%	86%	86%	100%	57%	100%	67%	0%	0%	100%	
Exatidão utilizador	0%	0%	100%	100%	100%	100%	80%	100%	100%	0%	0%	100%	
Exatidão Global	70%												

Numa análise da matriz de confusão poderemos concluir, segundo os resultados obtidos, que a exatidão global, que é a mais importante, é de 70%. Significa que é um bom resultado, contudo para aplicação futura ao nível da exigência de mais exatidão os voluntários terão que realizar um trabalho mais pormenorizado.

No âmbito da exatidão de classes a que revela maior erro de exatidão temática é a classe do uso do solo.

6. CONCLUSÕES

Identificou-se como principal objetivo desta tese analisar a qualidade da IG livremente disponível no concelho de Águeda, nomeadamente a informação disponibilizada através do projeto OpenStreetMap (OSM), no âmbito da sua possível utilização de acordo com o cumprimento dos requisitos dos padrões Standard ISO 19157:2013. Na consubstancialização deste objetivo é possível tecer algumas considerações finais e indicar alguns trabalhos futuros.

Primeiramente é possível afirmar que apesar da existência de vários trabalhos sobre a mesma temática há ainda espaço para contribuições a este nível. Numa primeira análise é fácil compreende-se a importância dos VGI como uma fonte valiosa de dados geográficos, no entanto a fiabilidade e qualidade dos contributos continuam a ser preocupações prementes e que levantam questões que ainda estão em aberto.

De acordo com o levantamento efetuado relativo à IG disponível por parte dos Municípios em Portugal conclui-se que existe ainda um caminho a percorrer, uma vez que, 73% apenas disponibilizam a IG ao nível da visualização ou consulta. Mas, no âmbito da IG livremente disponível, a percentagem está nos 13,5% o que contraria a tendência mundial da IG livre.

Ao longo do trabalho desenvolvido foi possível editar, analisar e obter resultados relativos à qualidade da IG livremente disponível em Portugal por meio da IG OSM, com especial incidência no Concelho de Águeda. Na análise da qualidade verificámos que os dados gratuitamente obtidos a partir do Geofabrik revelam, acima de tudo, uma grande quantidade de IG disponível nas várias camadas: rede viária, o edificado, os cursos de água, os caminhos de ferro e o estacionamento.

Pode concluir-se que a falta de completude nos dados alfanuméricos, ausência de atributos, uma vez que esta depende da preocupação do voluntário, poderá comprometer a IG disponível para alguns tipos de uso em que seja determinante este tipo de detalhes. Por exemplo, se for necessário identificar um ponto de interesse com a informação adicional para além de um simples nome, do tipo bombas de gasolina, e sendo a situação em que o utilizador da informação necessite de saber se está aberto 24h, a informação incompleta originará erro no ato da sua utilização, uma vez que o ponto para onde se dirige, sem esta informação, poderá estar encerrado.

Os resultados obtidos da confrontação entre a Rede Viária OSM e a Rede Viária Oficial revelam que todos os erros de comissão não serão considerados verdadeiramente erros, apenas serão entendíveis como uma situação de desatualização de IG da Rede Oficial. Já os erros de omissão, por exemplo, terem a informação de haver uma via sem saída, quando na realidade existe uma continuidade da via, correspondem a erros concretos que podem originar resultados de análise errados.

Foi observado que a operação do algoritmo na análise pormenorizada da consistência topológica do QGIS evidenciou erros que em confronto com a utilização do ArcMap apresenta valores diferentes. O algoritmo do QGIS interpreta de forma errada a leitura de polígonos que se encontram dentro de outros polígonos, originando erros.

Perante a análise da exatidão posicional a IG OSM em relação à Rede Oficial observou-se que apresenta um EMQ de 0,673 metros, um desvio de padrão de 0,27 metros e uma média de 0,45 metros.

Verificou-se o potencial da associação do mapeamento por parte dos voluntários, na demonstração da riqueza e a constante atualização do mapeamento e que poderá ser um complemento à Rede Oficial, caso a IG OSM esteja dentro dos parâmetros de qualidade.

Contudo, verificou-se que existirá sempre a necessidade de um regulador para da IG que permita introduzir padrões standard na análise da qualidade.

Conclui-se por meio da experiência realizada que os dois softwares utilizados não deram, em alguns casos, respostas coincidentes.

Como trabalho futuro aponta-se um maior grau de pormenor da análise dos resultados obtidos para a consistência topológica. Na exatidão posicional o desafio fica em aplicar outras metodologias que possam dar resultados ainda com mais rigor. Pela sua importância será de interesse analisar os metadados da IG utilizada na prática tendo em conta a ISO 19115.

BIBLIOGRAFIA

- AMBISIG. (2020, February 12). *AMBISIG - Ambiente e Sistemas de Informação Geográfica, S.A.*
<http://www.ambisig.pt/Site/FrontOffice/default.aspx?module=article/article&id=2708>
- Aronoff, S. (1991). *Geographic information systems : a management perspective*. WDL Publications.
- Ather, A. (2009). A quality analysis of openstreetmap data. In *ME Thesis, University College London* (Issue May). <ftp://s-she-junco.cits.rncan.gc.ca/pub/cartonat/Reference/VGI/Dissertation-OpenStreepMap-Quality-Aather-2009.pdf>
- Barcellos, C., & Machado, J. M. H. (1998). A organização espacial condiciona as relações entre ambiente e saúde: o exemplo da exposição ao mercúrio em uma fábrica de lâmpadas fluorescentes. *Ciência & Saúde Coletiva*, 3(2), 103–113.
<https://doi.org/10.1590/S1413-81231998000200010>
- Boin, A. T. (2008). *Exposing Uncertainty: Communicating spatial data quality via the Internet PhD*. Department of Geomatics The University of Melbourne Exposing.
- Burrough P. A. (1986). *Principles of Geographic Information Systems for Land Resources Assessment, em (Monographs on Soil And Resources Survey)* (12th ed.). Oxford University Press.
- Caeiro, S. (2013). *Tópico 1-Sistemas de Informação Geográfica: Principais conceitos*.
<https://core.ac.uk/download/pdf/61422705.pdf>
- Charneca, N. M. P. (2012). *Modelação de Dados Geográficos Aplicada ao Planeamento e Gestão de Recursos Hídricos*.
http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/8131/1/ulsd65019_td_Nuno_Charneca.pdf
- Clodoveu, A. D. J. (n.d.). *Para que servem os GIS*. 5–8.
- Comber, A. J., Fisher, P. F., & Wadsworth, R. A. (2008). Semantics, metadata, geographical information and users. *Transactions in GIS*, 12(3), 287–291.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-9671.2008.01102.x>
- Cosme, A. J. dos S. (2013). *Informação Geográfica e Tecnologias para o Ordenamento do Território - Gestão da Qualidade e Modelo de Sistema de Submissão de Instrumentos de Gestão Territorial (IGT) António José Dos Santos Cosme Tese de Doutoramento em Geografia e Planeamento Territo*.

- Cura, R., Dumenieu, B., Perret, J., & Gribaudi, M. (2017). *Historical collaborative geocoding*. 1–28. <https://doi.org/10.3390/ijgi7070262>
- De By, R. A., Knippers, R. A., Sun, Y., Ellis, M. C., Kraak, M.-J., Weir, M. J. C., Georgiadou, Y., Radwan, M. M., Van Westen, C. J., Kainz, W., & Sides, E. J. (2001). *Principles of Geographic Information Systems An introductory*.
- DGT. (2019). *Princípios orientadores para a produção de cartografia topográfica topográfica vetorial com as normas e especificações técnicas da Direção-geral do Território* (p. 18).
- DN, J. (2020, February 12). *Sistema de Informação Geográfico devia ser aposta do Governo*. <https://www.dnoticias.pt/hemeroteca/287206-sistema-de-informacao-geografico-devia-ser-aposta-do-governo-DADN287206>
- Europeia, U. (2007, October 30). *A infraestrutura da União Europeia de informação geográfica (Inspire)*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:l28195>
- Fan, H., Zipf, A., Fu, Q., & Neis, P. (2014). Quality assessment for building footprints data on OpenStreetMap. *International Journal of Geographical Information Science*, 28(4), 700–719. <https://doi.org/10.1080/13658816.2013.867495>
- Fazal, S. (2008). *GIS basics*. New Age International.
- Fernández, P., Béjar, R., Latre, M. A., Valiño, J., Bañares, J. A., & Muro-Medrano, P. R. (2000). *Web mapping interoperability in practice, a Java approach guided by the OpenGis Web Map Server Interface Specification 1*. <http://iaaa.cps.unizar.es>
- Ferreira, M. M. (2017). *Avaliação da Qualidade dos Dados Geoespaciais* (I. B. de Ge. e E.- IBGE (ed.)). <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101152.pdf>
- Filho, J. L., & Cirano, I. (1996). *Introdução a Sistemas de Informações Geográficas com Ênfase em Banco de Dados* *Introdução a Sistemas de Informações Geográficas com Ênfase em Banco de Dados*. <http://www.dpi.ufv.br/~jugurta/papers/sig-bd-jai.pdf>
- Fogliaroni, P., D'Antonio, F., & Clementini, E. (2018). Data trustworthiness and user reputation as indicators of VGI quality. *Geo-Spatial Information Science*, 21(3), 213–233. <https://doi.org/10.1080/10095020.2018.1496556>
- Fonte, C. C. ., Bastin, L. ., Foody, G. ., Kellenberger, T. ., Kerle, N. ., Mooney, P. ., Olteanu-Raimond, A. M. ., & See, L. . (2015). Vgi Quality Control. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2(3W5),

- 317–324. <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-3-W5-317-2015>
- Fu, P., & Sun, J. (2010). *Web GIS : principles and applications* (E. P. I. Edição (ed.)).
- Gonçalves, D. B. F. (2012). *Crowdsourcing : Quando ? Como ? E Porquê ?*
<http://hdl.handle.net/10071/5934>
- Goodchild, M. F. (1992). Geographical data modeling. *Computers & Geosciences*, 18(4), 401–408. [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(92\)90069-4](https://doi.org/10.1016/0098-3004(92)90069-4)
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: The world of volunteered geography. In *GeoJournal* (Vol. 69, Issue 4, pp. 211–221). <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>
- Gray, P., Suchocki, S., Horan, T. A., & Gantz, D. (1988). *GENERALIZED UPPER-BOUNDED (GUB) PROBLEM PROCESS* (pp. 326–331).
- Hashemi, P., & Ali Abbaspour, R. (2015). Assessment of logical consistency in OpenStreetMap based on the spatial similarity concept. In J. J. A. Z. P. M. M. Helbich (Ed.), *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography* (Vol. 0, Issue 9783319142791). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14280-7_2
- Heipke, C. (2010). ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing Crowdsourcing geospatial data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65, 550–557. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2010.06.005>
- Heywood, D. I., Cornelius, S., & Carver, S. (2011). *An introduction to geographical information systems / ...* <https://cmc.marmot.org/Record/.b36206234>
- Hohl, P. (1998). *GIS data conversion : strategies, techniques, and management*.
- Howe, J. (2009). *Crowdsourcing : why the power of the crowd is driving the future of business* (Currency (ed.)). Three Rivers Press.
- Jacobs, K. T., & Mitchell, S. W. (2020). OpenStreetMap quality assessment using unsupervised machine learning methods. *Transactions in GIS*, 24(5), 1280–1298. <https://doi.org/10.1111/TGIS.12680>
- Kainz, W. (2013). *Elements of spatial data quality* (S. C. Guptil & J. L. Morrison (eds.); p. 202). Elsevier Science.
- Kaur, J., Singh, J., Sehra, S. S., & Rai, H. S. (2018). Systematic literature review of data quality within openstreetmap. *Proceedings - 2017 International Conference on Next Generation Computing and Information Systems, ICNGCIS 2017*, 159–163. <https://doi.org/10.1109/ICNGCIS.2017.35>

- Kounadi, O. (2009). Assessing the quality of OpenStreetMap data. *Geographical Information Science, University College Of, August*, 0–80.
ftp://ftp.cits.nrcan.gc.ca/pub/cartonat/Reference/VGI/Rania_OSM_dissertation.pdf
- Lü, G., Batty, M., Strobl, J., Lin, H., Zhu, A.-X., & Chen, M. (2019). Reflections and speculations on the progress in Geographic Information Systems (GIS): a geographic perspective. *International Journal of Geographical Information Science*, 33(2), 346–367. <https://doi.org/10.1080/13658816.2018.1533136>
- MapRoulette. (2020, November 17). <https://maproulette.org/browse/challenges>
- Matos, J. (2008). *Fundamentos de Informação Geográfica (5ª)*.
<https://www.wook.pt/livro/fundamentos-de-informacao-geografica-joao-matos/219801>
- Menezes, P. M. L. de, & Fernandes, M. do C. (2016). *Roteiro de cartografia | Oficina de Textos | Oficina de Textos*. <https://www.ofitexto.com.br/livro/roteiro-de-cartografia/>
- Monteiro, E., & Fonte, C. C. (2015). *Exatidão posicional de redes hidrográficas extraídas de MDE gerados a partir de MDE globais e de dados extraídos do OpenStreetMap*. *October*, 1–8.
- Montejano, J. A., Manuel, G., & Bello, C. (2018). *Modelos de localización para geomarketing Bovine tuberculosis in Mexico View project Vivienda deshabitada y forma urbana: estudio multinivel View project*. *May*.
<https://www.researchgate.net/publication/326426180>
- Nasr, E., Elias, N., & Fernandes, V. D. O. (2021). *Qualidade dos Dados Geoespaciais do OpenStreetMap para os indicadores de Acurácia Posicional , Acurácia Temática e Completude* *Qualidade dos Dados Geoespaciais do OpenStreetMap para os indicadores de Acurácia Posicional , Acurácia Temática e Completude Qua*. *June*.
<https://doi.org/10.5433/2447-1747.2021v30n2p255>
- Neteler, M., Bowman, M. H., Landa, M., & Metz, M. (2012). GRASS GIS: A multi-purpose open source GIS. *Environmental Modelling & Software*, 31, 124–130.
<https://doi.org/10.1016/J.ENVSOF.2011.11.014>
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. In *Sistemas de Información Geográfica*. <https://doi.org/10.1192/bjp.111.479.1009-a>
- openstreetmap.org. (2020a, January 13). *OpenStreetMap*.
<https://www.openstreetmap.org/about>

- openstreetmap.org. (2020b, January 21). *Quality assurance - OpenStreetMap Wiki*.
https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Quality_assurance
- openstreetmap.org. (2020c, November 10). *Osmose - Mapa*.
[http://osmose.openstreetmap.fr/pt/map/?#zoom=6&lat=46.97&lon=4.32&item=xxxx
&level=1&tags=&fixable=](http://osmose.openstreetmap.fr/pt/map/?#zoom=6&lat=46.97&lon=4.32&item=xxxx&level=1&tags=&fixable=)
- OpenStreetMap. (2018). *Stats – OpenStreetMap Wiki*.
<https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Stats>
- OpenStreetMap Wiki. (2019a). *Key:highway - OpenStreetMap Wiki*.
<https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Key:highway>
- OpenStreetMap Wiki. (2019b, April 9). *Key:highway - OpenStreetMap Wiki*.
<https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Key:highway>
- OpenStreetMap Wiki. (2020a, November 10). *OSM Inspector - OpenStreetMap Wiki*.
https://wiki.openstreetmap.org/wiki/OSM_Inspector
- OpenStreetMap Wiki. (2020b, November 10). *Osmose - OpenStreetMap Wiki*.
<https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Osmose>
- OpenStreetMap Wiki. (2020c, November 18). *JOSM / Validator - OpenStreetMap Wiki*.
<https://wiki.openstreetmap.org/wiki/JOSM/Validator>
- OpenStreetMap Wiki. (2020d, November 18). *Keep Right - OpenStreetMap Wiki*.
https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Keep_Right
- Professional Practicing Division, A. (1990). *ASPRS ACCURACY STANDARDS FOR LARGE-SCALE MAPS*.
http://www.asprs.org/a/society/committees/standards/1990_jul_1068-1070.pdf
- Profile, S. E. E. (2017). *CONTROLE DE QUALIDADE POSICIONAL DO SISTEMA RODOVIÁRIO DO RODOVIÁRIO DO OPENSTREETMAP NA REGIÃO CENTRAL DE VIÇOSA-MG*. May.
- Ramos, A. L., & Meirinho, M. (2013). Utilização de software open source em três Agrupamentos de Escolas do distrito de Bragança: Penetração e Utilização. *Challenges*, 138.
- Santos, A. da S., Junior, O. G. M., Oliveira, P. A. de, & Gottardo, T. V. (2018). *Avaliação da qualidade de dados geoespaciais da INDE*.
- See, L., Mooney, P., Foody, G., Bastin, L., Comber, A., Estima, J., Fritz, S., Kerle, N., Jiang, B., Laakso, M., Liu, H. Y., Milènski, G., Nikšič, M., Painho, M., Podör, A.,

- Olteanu-Raimond, A. M. R., & Rutzinger, M. (2016). Crowdsourcing, citizen science or volunteered geographic information? The current state of crowdsourced geographic information. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5(5).
<https://doi.org/10.3390/ijgi5050055>
- Sehra, S. S., Singh, J., & Rai, H. S. (2014). A systematic study of OpenStreetMap data quality assessment. *ITNG 2014 - Proceedings of the 11th International Conference on Information Technology: New Generations, April*, 377–381.
<https://doi.org/10.1109/ITNG.2014.115>
- Senaratne, H., Mobasheri, A., Ali, A. L., Capineri, C., & Haklay, M. (Muki). (2017). A review of volunteered geographic information quality assessment methods. In *International Journal of Geographical Information Science* (Vol. 31, Issue 1, pp. 139–167). <https://doi.org/10.1080/13658816.2016.1189556>
- Steiniger, S., & Hunter, A. J. S. (2013). The 2012 free and open source GIS software map - A guide to facilitate research, development, and adoption. In *Computers, Environment and Urban Systems* (Vol. 39, pp. 136–150).
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.10.003>
- Suzana, E. M. (2016). *O contributo dos SIG na análise da rede viária com recurso a ferramentas de código aberto. O município da Mealhada.*
- Wang, M., Li, Q., Hu, Q., & Zhou, M. (2013). QUALITY ANALYSIS OF OPEN STREET MAP DATA. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-2/W1*, 155–158.
<https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xl-2-w1-155-2013>
- wiki.openstreetmap.org. (2020, November 18). *BRouter - Wiki do OpenStreetMap*.
<https://wiki.openstreetmap.org/wiki/BRouter>
- wiki.openstreetmap.org. (2021, October 31). *Osmose - Statistics for user*.
<http://osmose.openstreetmap.fr/en/byuser/>
- Zacharopoulou, D., Skopeliti, A., & Nakos, B. (2021). Assessment and visualization of osm consistency for european cities. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(6), 361. <https://doi.org/10.3390/ijgi10060361>