



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

João Carlos Pires Vieira

Informação Geográfica Voluntária de
Suporte às operações de Bombeiros,
INEM e Proteção Civil

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Jorge Gustavo Rocha

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO PARCIAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE,

Universidade do Minho, ___/___/_____

Assinatura: _____

Agradecimentos

Na realização desta dissertação de mestrado não posso deixar de expressar os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram para o desenvolvimento e conclusão da mesma.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao meu orientador, Professor Jorge Gustavo Rocha, pela oportunidade que me proporcionou, pela disponibilidade, atenção e motivação transmitidas, pelo bom aconselhamento a todos os níveis, pelos esclarecimentos prestados e pela confiança no meu trabalho.

Agradeço à minha amiga Sara Gonçalves pela amizade ao longo de todo o percurso, pela preocupação, pela ajuda prestada na realização desta dissertação e pelo apoio sempre demonstrado.

À minha amiga de infância Tânia Silva agradeço o carinho e boa disposição, os constantes encorajamentos e a capacidade de me animar sempre que preciso.

Agradeço aos meus amigos Paulo Marques, Hugo Costa, Isabel Laranjo, Tiago Oliveira e Ricardo Lopes pela convivência e tempo partilhado ao longo da elaboração desta dissertação de mestrado, pela preciosa ajuda e disponibilidade sempre que foi necessário.

Aos meus pais e irmãs gostaria de agradecer todo o apoio que sempre me deram, tendo-me acompanhado nas horas mais críticas e nos momentos mais duros, o incentivo e meios que me proporcionaram para chegar até este ponto.

Para concluir, agradeço à minha namorada Sandrina Vieira pela paciência, pelo tempo dedicado, por me ter acompanhado nos bons e nos maus momentos e pela primorosa ajuda no enriquecimento deste documento.

Resumo

Numa situação de emergência é imprescindível que a assistência seja efetuada de forma eficaz por parte das entidades que prestam esses serviços, pois isso pode-se traduzir no salvamento de vidas. Para que essa tarefa se torne mais eficaz, essas entidades devem-se basear em mecanismos de *routing*.

Assim, o objetivo deste trabalho passa por disponibilizar para diferentes tipos de transportes uma rota ótima que os conduza ao local de emergência de uma forma eficiente. Desta forma, são atendidas as necessidades específicas das entidades que prestam serviços de emergência em saúde como Bombeiros, Instituto Nacional de Emergência Médica (INEM) e Proteção Civil. Disponibilizam-se também rotas para tipos de transporte não prioritários. Adicionalmente, para complementar e validar a flexibilidade da proposta apresentada, são calculadas rotas para pessoas que tenham necessidade de se deslocar em cadeira de rodas.

Para concretizar os objetivos propostos, teve de ser realizada uma pesquisa prévia acerca das principais dificuldades com que as entidades acima referidas se deparam. Estas passam pela falta de *software* de *routing* e, em particular, *routing* adequado ao tipo de veículos de emergência e pela inexistência de uma base de informação atualizada fora dos grandes centros urbanos.

Para colmatar estas dificuldades, fez-se um levantamento das soluções de *routing* existentes e procuraram-se fontes de dados da rede viária alternativas às soluções comerciais. Com base nos dados provenientes do *OpenStreetMap* (OSM) e num *software open source* de *routing*, foi criada uma plataforma de *routing* disponível na Web, adequada aos tipos de transporte prioritários mais utilizados pelas entidades prestadoras de serviços de emergência. Cada tipo de transporte apresenta características próprias, com diferentes especificidades e, por isso, foi necessário considerar um conjunto variado de parâmetros que vão influenciar o cálculo das rotas. Uma vez que o *routing* depende desses parâmetros, neste trabalho propõe-se uma estratégia de catalogação no OSM para atender às necessidades específicas das entidades referidas.

Todos estes objetivos foram alcançados e a plataforma está disponível na Internet. Melhorias poderão ser acrescentadas ao sistema, a partir do retorno das várias entidades ligadas à Proteção Civil e emergência médica.

Abstract

In an emergency situation it is imperative that assistance be carried out effectively, as this can translate into saving lives. To increase the efficiency of this task, the entities that provide such services should be based on routing mechanisms.

Thus, the aim of this work is to make a system that provides, for different types of means of transportation, an optimal route that leads to the emergency efficiently. So, the specific needs of entities that provide emergency health services, such as firefighters, the National Institute of Medical Emergency and Civil Protection are met. This system also provides routes for non-priority types of transport. Additionally, to complement and validate the flexibility of the proposed project, this system also calculates routes for people who need to travel in a wheelchair.

To achieve these objectives, a previous research about the main difficulties that the above entities have to face was conducted. The research found that the main difficulties these entities face are the lack of routing software, particularly routing for the type of emergency vehicles, and the lack of an updated information database outside of major urban centers.

To overcome these difficulties, a search of the existing routing solutions was conducted and non-commercial data sources of the road network were sought after. Based on data from the Open Street Map and on an open source routing software, a routing platform was created and made available on the web, suitable for most types of priority transports used by entities that provide emergency services. Each type of transport has its own characteristics with different specificities and, therefore, it was necessary to consider a wide range of parameters that influence the calculation of routes. Since the routing depends on these parameters, this project proposes a strategy for cataloging in OSM to meet the specific needs of these entities.

All these objectives were achieved and the platform is available on the Internet. Improvements can be added to the system, based on the feedback of the various entities of the Civil Protection and Medical Emergency.

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract	vii
Notação e Terminologia	xiii
Notação	xiii
Acrónimos	xiii
Índice de Figuras	xv
Índice de Tabelas	xix
Índice de Códigos	xxi
1. Introdução	1
1.1. Motivações e Objetivos	3
1.2. Metodologia	4
1.3. Estrutura	5
2. Informação Geográfica Voluntária	7
2.1. Impacto social do processo VGI	8
2.1.1. Produção e Partilha	10
2.1.2. Conteúdo e Características	11
2.1.3. Objetivos do processo VGI	12
2.2. Aplicações do processo VGI	13
2.3. <i>Open Gis</i> : Interoperabilidade em GIS	15
2.4. Tecnologias que permitem VGI	16
2.4.1. Web 2.0	19
2.4.2. Georreferenciação e Geotags	20
2.4.3. GPS	21
2.5. Código Aberto	21

3.	OpenStreetMap	23
3.1.	OSM Parties	26
3.2.	Walking Papers.....	28
3.3.	Serviços que utilizam OSM.....	28
3.3.1.	Visualização/Representação de redes	29
3.3.2.	Routing	30
3.3.3.	Mapas esquemáticos	33
3.3.4.	Planeamento/Simulações	34
3.3.5.	Mapas de viagem com fator tempo.....	35
3.3.5.1.	Viagem de carro e de transportes públicos	35
3.3.5.2.	Viagem de comboio na Grã-Bretanha	36
3.3.5.3.	Transportes públicos em Londres	38
3.3.5.4.	Mapas interativos.....	39
3.3.5.5.	Isokron.....	40
3.4.	Software disponível	41
4.	Routing sobre OSM.....	43
4.1.	Dados e programas utilizados.....	44
4.1.1.	Considerações gerais.....	45
4.1.2.	Veículos de emergência	47
4.2.	Ficheiros de configuração	50
4.2.1.	Regras de <i>Tagging</i>	51
4.2.1.1.	<i>Tags</i> reconhecidas e modificadas nos nodos.....	51
4.2.1.2.	<i>Tags</i> reconhecidas e modificadas nos <i>ways</i>	55
4.2.1.3.	<i>Tags</i> reconhecidas e modificadas nas relações.....	63
4.2.2.	Definição de perfis.....	65
4.2.2.1.	Tipo de Transporte: foot.....	66
4.2.2.2.	Tipo de Transporte: wheelchair	68
4.2.2.3.	Tipo de Transporte: bicycle.....	69
4.2.2.4.	Tipo de Transporte: motorbike	70
4.2.2.5.	Tipo de Transporte: motorcar.....	72

4.2.2.6.	Tipo de Transporte: firefv	73
4.2.2.7.	Tipo de Transporte: command.....	74
4.2.2.8.	Tipo de Transporte: motorbikeinem	75
4.2.2.9.	Tipo de Transporte: personal.....	76
4.2.2.10.	Tipo de Transporte: amb	77
4.2.2.11.	Tipo de Transporte: logistic	78
4.2.2.12.	Tipo de Transporte: lift	79
4.2.3.	Ficheiro de tradução.....	80
4.3.	Algoritmo	81
4.3.1.	Algoritmo Simples.....	81
4.3.2.	Algoritmo melhorado.....	82
4.3.3.	Algoritmo Final	82
4.3.4.	Preferências de Routing	84
5.	Casos Práticos	87
5.1.	Cadeira de rodas no Campus Gualtar.....	87
5.2.	Incêndio na Makro	91
5.3.	Assalto no banco.....	94
5.4.	Incêndio no Dolce Vita	97
6.	Conclusões e Trabalho Futuro	101
6.1.	Conclusões	101
6.2.	Contribuições e Trabalho Futuro.....	102
	Referências Bibliográficas	105
	Apêndices	111

Notação e Terminologia

Notação

Ao longo do documento utiliza-se texto em itálico para palavras em língua estrangeira que, dada a sua universalidade não foram traduzidas. O texto a negrito é utilizado para realçar a importância de algumas palavras.

Acrónimos

GIS	Geographic Information System
GPS	Global Positioning System
GPX	GPS eXchange
HTML	HyperText Markup Language
IM	Informática Médica
INEM	Instituto Nacional de Emergência Médica
OGC	Open GIS Consortium
OGIS	Open Geodata Interoperability Specification
OGM	Open Geodata Model
OSGEO	Open Source Geospatial Foundation
OSI	Open Source Initiative
OSM	OpenStreetMap
OSRM	Open Source Routing Machine
PGIS	Participatory GIS
PPGIS	Public Participation GIS
SDI	Spatial Data Infrastructure
SI	Sistemas de Informação
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
VGI	Volunteered Geographic Information
XML	Extensible Markup Language
YOURS	Yet another OpenStreetMap Route Service

Índice de Figuras

Figura 2.1: Parte de OSM a cobrir Dublin, Irlanda. Faltam nomes de ruas e áreas que ainda não se encontravam editadas (12).....	17
Figura 2.2: <i>Mash-up</i> Google Earth da área de Soho, Londres. A imagem combina um mapa de 1854 com dados das mortes do surto de cólera (a verde) e de fontes de água (a vermelho) (12).	18
Figura 3.1: Visualização da página Web <i>OpenStreetMap</i> com os dados referentes a uma parte de Braga (50).....	23
Figura 3.2: Representação de um nodo em OSM.	24
Figura 3.3: Representação de um <i>way</i> em OSM.....	24
Figura 3.4: <i>Tags</i> utilizadas para descrever o nodo.....	25
Figura 3.5: <i>Tags</i> utilizadas para descrever o <i>way</i>	25
Figura 3.6: Edição dos dados levantados da iniciativa <i>OSM Party</i> em Vale de Cambra.	27
Figura 3.7: Mapa com os dados de Vale de Cambra depois da iniciativa <i>OSM Party</i> . ..	27
Figura 3.8: Exemplo da impressão de um <i>Walking Paper</i>	28
Figura 3.9: Mapa que apresenta a rede de bicicletas para o sul de Inglaterra, através de <i>OpenCycleMap</i> (52).....	29
Figura 3.10: Mapa que apresenta linhas e estações de metro em Lisboa, através de <i>OSMTransport</i> (53).....	30
Figura 3.11: Mapa que apresenta a rota de uma bicicleta, através da aplicação <i>ride the city</i> (54).	30
Figura 3.12: Mapa que apresenta a rota para um autocarro, através da aplicação <i>busroutes.in</i> (55).	31
Figura 3.13: Mapa que apresenta a rota para uma cadeira de rodas na Universidade de Maryland (56).	31
Figura 3.14: Mapa do planeador de viagens multimodal que demonstra os percursos pedestres, de bicicleta, automóvel e transporte público (57).	32
Figura 3.15: Mapa que apresenta a rota para um autocarro para a cidade de Nairobi, através da aplicação <i>Matatu Online</i> (58).....	33
Figura 3.16: Mapa esquemático de comboios na Índia (59).	34

Figura 3.17: Fluxo de bicicletas Boris em Londres, usando dados de OSM (60).....	35
Figura 3.18: Mapa que demonstra as diferenças de velocidade para automóveis e transportes públicos (61).....	36
Figura 3.19: Mapa de auxílio para viagem de comboio na Grã-Bretanha (61).....	37
Figura 3.20: Mapa antigo e recente de Londres, respetivamente, para viagens que apresentam como destino o Departamento de Transporte às nove da manhã (61).....	38
Figura 3.21: Mapa interativo de Londres (62).....	39
Figura 3.22: Mapa interativo de Londres com múltiplos fatores (62).....	40
Figura 3.23: Mapa que permite verificar pontos alcançáveis de metro por unidade de tempo em Paris (63).....	40
Figura 4.1: Etapas e programas envolvidos para a construção da base de dados utilizada no cálculo de <i>routing</i>	44
Figura 4.2: Interface da aplicação Routino.	50
Figura 4.3: Descrição da rota a seguir com instruções em português para uma das junções importante.....	81
Figura 4.4: Etapas de implementação do algoritmo: vias originais (A), primeira iteração (B), segunda iteração (C), terceira iteração (D) e resultado final (E).....	83
Figura 5.1: <i>Routing</i> que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte <i>foot</i> ... 87	
Figura 5.2: Imagem do ficheiro OSM para o Campus Gualtar no editor <i>JOSM</i>	88
Figura 5.3: <i>Routing</i> que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte <i>wheelchair</i>	89
Figura 5.4: Diferenças entre os algoritmos para o tipo de transporte <i>foot</i>	90
Figura 5.5: Diferenças entre os algoritmos para o tipo de transporte <i>foot</i>	91
Figura 5.6: <i>Routing</i> que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte <i>amb</i> . . 92	
Figura 5.7: <i>Routing</i> que apresenta o caminho mais rápido para tipo de transporte <i>amb</i> .92	
Figura 5.8: <i>Routing</i> que apresenta o caminho mais rápido e mais curto para tipo de transporte <i>firefv</i>	93
Figura 5.9: <i>Routing</i> que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte <i>firefv</i> com a existência de uma barreira.....	94
Figura 5.10: <i>Routing</i> que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte <i>amb</i> .95	
Figura 5.11: <i>Routing</i> que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte <i>command</i>	95
Figura 5.12: <i>Routing</i> que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte <i>motorbikeinem</i>	96

Figura 5.13: <i>Routing</i> que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte <i>personal</i>	97
Figura 5.14 <i>Routing</i> que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte <i>firefv</i>	98
Figura 5.15: <i>Routing</i> que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte <i>lift</i> ...	98
Figura 5.16: <i>Routing</i> que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte <i>logistic</i>	99

Índice de Tabelas

Tabela 4.1: Diferentes tipos de vias reconhecidos pelo Routino.....	45
Tabela 4.2: Tipos de transporte normais reconhecidos pela aplicação e respetivas <i>tags</i>	47
Tabela 4.3: Tipos de transporte prioritários reconhecidos pela aplicação e respetivas <i>tags</i>	48
Tabela 4.4: Tipos de Transporte normais através de diferentes tipos de barreiras.....	53
Tabela 4.5: Tipos de Transporte prioritários através de diferentes tipos de barreiras	54
Tabela 4.6: Tipos de transporte normais permitidos para diferentes tipos de vias.....	57
Tabela 4.7: Tipos de transporte prioritários permitidos para diferentes tipos de vias.	57
Tabela 4.8: Transformação de tipos de <i>highway</i> equivalentes.	59
Tabela 4.9: Propriedades para os diferentes tipos de vias.....	60
Tabela 4.10: Tags que definem se uma via é pavimentada.....	61
Tabela 4.11: Tags que definem se uma via não é pavimentada.	62
Tabela 4.12: Tags formadas a partir das transformações ocorrida na tag route.....	64
Tabela 4.13: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte <i>foot</i>	66
Tabela 4.14: Propriedades e restrições para o tipo de transporte <i>foot</i>	67
Tabela 4.15: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte <i>wheelchair</i>	68
Tabela 4.16: Propriedades e restrições para o tipo de transporte <i>wheelchair</i>	68
Tabela 4.17: Perfil e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte <i>bicycle</i> ...	69
Tabela 4.18: Propriedades e restrições para o tipo de transporte <i>bicycle</i>	70
Tabela 4.19: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte <i>motorbike</i>	70
Tabela 4.20: Propriedades e restrições para o tipo de transporte <i>motorbike</i>	71
Tabela 4.21: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte <i>motorcar</i>	72
Tabela 4.22: Propriedades e restrições para o tipo de transporte <i>motorcar</i>	72
Tabela 4.23: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte <i>firefy</i>	73

Tabela 4.24: Propriedades e restrições para o tipo de transporte <i>firefv</i>	74
Tabela 4.25: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte <i>command</i>	74
Tabela 4.26: Propriedades e restrições para o tipo de transporte <i>command</i>	75
Tabela 4.27: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte <i>motorbikeinem</i>	75
Tabela 4.28: Propriedades e restrições para o tipo de transporte <i>motorbikeinem</i>	76
Tabela 4.29: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte <i>personal</i>	76
Tabela 4.30: Propriedades e restrições para o tipo de transporte <i>personal</i>	77
Tabela 4.31: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte <i>amb</i>	77
Tabela 4.32: Propriedades e restrições para o tipo de transporte <i>amb</i>	78
Tabela 4.33: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte <i>logistic</i>	78
Tabela 4.34: Propriedades e restrições para o tipo de transporte <i>logistic</i>	79
Tabela 4.35: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte <i>lift</i>	79
Tabela 4.36: Propriedades e restrições para o tipo de transporte <i>lift</i>	80

Índice de Códigos

Código 4.1: Regra <i>tagging</i> aplicada a uma barreira do tipo bollard.....	52
Código 4.2: Regra de <i>tagging</i> que permite modificar o valor de uma barreira.....	52
Código 4.3: Regra <i>tagging</i> aplicada a uma barreira do tipo foot_only.....	53
Código 4.4: Regra <i>tagging</i> utilizada para modificar o valor associado à <i>tag access</i> para yes.	54
Código 4.5: Regra de <i>tagging</i> utilizada para designar restrições aos tipos de transporte quando a <i>tag access</i> não apresenta valores reconhecidos pelo Routino.	55
Código 4.6: Regras que permitem que <i>tags</i> sejam copiadas diretamente sem modificação do ficheiro original.....	56
Código 4.7: Regra de <i>tagging</i> para criar uma highway com o valor ferry.....	57
Código 4.8: Tipos de transporte permitidos para uma <i>highway</i> do tipo <i>motorway</i>	58
Código 4.9: Transformação da tag highway com o valor <i>motorway_link</i> para <i>motorway</i>	58
Código 4.10: Regra <i>tagging</i> para modificar a pavimentação.....	60
Código 4.11: Regra para atribuir propriedades a highways do tipo path.....	61
Código 4.12: Regra de <i>tagging</i> para atribuir a propriedade de sentido único a uma rotunda.....	61
Código 4.13: Exemplos de regras de <i>tagging</i> para uma tag surface ser considerada pavimentada e não pavimentada.	62
Código 4.14: Regra de <i>tagging</i> que define se uma via apresenta mais do que uma pista.	63
Código 4.15: Regras para designar o valor yes para vários tipos de bridge	63
Código 4.16: Regras para designar o valor yes para um tipo de túnel.....	63
Código 4.17: Regras de transformação de tags route.	64
Código 4.18: Regras para as tags <i>restriction</i>	65

1. Introdução

A Informática Médica (IM) tem assumido uma importância crescente, surgindo como uma das áreas que se encontra em forte e constante desenvolvimento, como resposta aos múltiplos desafios praticados na Medicina. Trata-se de uma área que engloba diversas problemáticas tais como a extração, o armazenamento, a partilha e a otimização de informação biomédica, apresentando como principal objetivo a utilização dessa informação em ambientes médicos.

Dada a sua multidisciplinaridade apresenta diversos campos de investigação para além das ciências médicas, como a imagem médica, inteligência artificial, redes de comunicação, entre outros. Este ramo consiste, de uma forma geral, no desenvolvimento de diferentes métodos, meios de avaliação e sistemas de aquisição que possam ajudar à resolução de diversos problemas inerentes à saúde, bem como auxiliar no processo de tomada de decisão por parte dos profissionais de saúde (1) (2).

Na área médica, os sistemas de informação (SI) têm assumido relevante importância uma vez que têm permitido aumentar a qualidade da assistência ao paciente, assumindo-se como um auxílio no processo de diagnóstico e terapia. A implementação e a utilização desses sistemas têm-se tornado imprescindíveis pois permitem prestar auxílio de forma mais eficaz, tornando-se imperativos no salvamento de vidas, facilitando também o trabalho dos profissionais de saúde (1) (3).

Em Portugal, a aplicação dos SI na área da saúde encontra-se ainda numa fase primária quando comparada com outros países. Contudo, trata-se de uma realidade que tem vindo a ganhar maior impacto devido ao aumento da complexidade de novos métodos de investigação e tratamento bem como da diversidade das organizações de saúde.

Uma das áreas que pode ser mais explorada em IM são os Sistemas de Informação Geográficos (SIG ou GIS - *Geographic Information System*, do inglês). O termo SIG aplica-se a sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base nas suas características alfanuméricas, mas também através da sua localização. Para que isto seja possível, a geometria e os atributos dos dados num SIG devem estar georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica. De um

modo geral, um SIG é definido como um conjunto de ferramentas que permite recolher, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real. Trata-se de um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas.

Os SIG permitem compatibilizar a informação proveniente de diversas fontes, como informação obtida de sensores espaciais, de dispositivos com *Global Positioning System* (GPS) ou de métodos tradicionais da topografia (4). A profunda revolução provocada pela existência de novas tecnologias tem vindo a afetar decisivamente a evolução da análise espacial. Deste modo, os SIG apresentam uma diversa aplicabilidade, incluindo temas como agricultura, floresta, cartografia, registo urbano e redes de concessionárias (água, energia e telefonia), podendo ser utilizados em estudos de impacto ambiental, vigilância epidemiológica de doenças, entre outros.

Os SIG apresentam uma vasta multiplicidade no que diz respeito à sua utilização, uma vez que inserem e integram, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados dos censos e registos urbanos, rurais, imagens de satélite e redes. Oferecem ainda, mecanismos para combinar as várias informações, consultar, recuperar, visualizar e desenhar o conteúdo da base de dados georreferenciados através de algoritmos de manipulação e análise.

O requisito de armazenar a geometria dos objetos geográficos e dos seus atributos representa uma dualidade básica para os SIG. Para cada objeto geográfico, o SIG necessita armazenar os seus atributos e as várias representações gráficas associadas. Devido à sua ampla gama de aplicações, existem pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG: como ferramenta para produção de mapas, como suporte para análise espacial de fenómenos e como uma base de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial. Estas três visões do SIG são convergentes e refletem a importância relativa do tratamento da informação geográfica dentro de uma instituição. Os dados geográficos com que um SIG opera podem ser provenientes de diversas fontes, entre as quais OSM (4) (5).

O projeto OSM surgiu com o objetivo de criar mapas livres e editáveis, a um nível mundial, uma vez que os mapas disponíveis possuem restrições legais ou técnicas, limitando a sua utilização de forma criativa ou produtiva. De uma forma geral, o OSM cria e disponibiliza gratuitamente dados geográficos que podem ser utilizados editados por qualquer pessoa. Os mapas são criados usando dados de recetores GPS portáteis, fotografias aéreas ou outras fontes livres. Utilizadores registados podem carregar os

traçados dos GPS e editar os dados usando várias ferramentas disponíveis. Deste modo, é possível construir de forma colaborativa um mapa global cujos participantes acedem aos dados originais do SIG (6).

1.1. Motivações e Objetivos

Este trabalho foi projetado e desenvolvido para colmatar a falta de informação geográfica associada às diferentes entidades que prestam serviços de emergência em saúde. O seu principal objetivo passa por identificar e tentar resolver algumas dificuldades que resultam da especificidade das necessidades dos Bombeiros, INEM e Proteção Civil, usando os dados de OSM.

Um dos problemas que se coloca está relacionado com o tempo que cada uma das entidades acima referidas leva a deslocar-se até um dado local de emergência, após receção de um pedido de socorro. Esta deslocação deverá ser efetuada com a maior brevidade possível.

No entanto, muitos dos condutores e tripulantes das ambulâncias estão por motivos profissionais deslocados da sua terra natal (geralmente profissionais no início de carreira com menos currículo para escolherem o local de trabalho), e têm dificuldades legítimas em conhecer os locais da sua área de atuação. Por outro lado, as equipas de socorro, por exemplo os bombeiros, são chamadas para locais bem diferentes da sua área normal de atuação, sendo possível ver bombeiros de Mafra a atuar na serra do Gerês.

Assim, este trabalho tem como objetivo fundamental disponibilizar para as diferentes entidades uma rota ótima que os conduza até esse local de emergência, para que o serviço possa ser prestado em tempo útil, facilitando o acesso às vítimas, o que por sua vez poderá traduzir-se no salvamento de vidas ou na redução de danos materiais. Pretende-se ainda construir rotas para transportes não prioritários e verificar as diferenças relativamente com os transportes prioritários.

Este trabalho apresenta também, adicionalmente, rotas para pessoas que necessitem andar de cadeira de rodas, para comprovar a flexibilidade da solução apresentada, pois as cadeiras de rodas podem ser consideradas um outro tipo de veículo com as especificidades adequadas.

A otimização das rotas geradas deve ter em conta parâmetros como o tipo de transporte, as vias e velocidades permitidas para cada tipo de transporte, propriedades e

restrições das vias. Assim, de acordo com a especificidade da situação de emergência, as diferentes entidades devem selecionar o veículo adequado para se deslocar ao local. Cada veículo apresenta as suas próprias características que vão influenciar a rota a calcular. Em suma, para diferentes veículos serão apresentadas diferentes rotas.

A melhor solução para um cálculo de *routing* eficiente passa não só pela identificação das principais dificuldades existentes na prestação dos serviços de emergência bem como pela utilização da melhor base de informação geográfica existente. Sem um boa representação e caracterização da rede viária não se conseguem os raciocínios que se pretendem neste trabalho.

Uma vez que, atualmente, não existe a capacidade de se adquirir e manter informação geográfica de acordo com as necessidades logísticas das várias entidades já referidas, neste trabalho pretende-se resolver o problema da falta de informação geográfica atualizada através do recurso à contribuição voluntária dos cidadãos. Trata-se de um paradigma completamente diferente, baseado na contribuição voluntária dos cidadãos que, enquadrada numa adequada arquitetura de participação, pode resultar num serviço de grande qualidade. Assim, com este trabalho pretende-se também projetar uma estratégia de catalogação no OSM de modo a que todos os parâmetros sejam considerados no cálculo de *routing*. Sendo um projeto aberto à participação de todos, as próprias entidades da Proteção Civil podem ser envolvidas na atualização constante da base cartográfica.

1.2. Metodologia

A metodologia adotada passou inicialmente por conhecer melhor a área de atuação dos diferentes agentes da Proteção Civil e emergência. Depois seguiu-se um levantamento e avaliação das duas componentes do nosso sistema de cálculo das melhores rotas:

- Componente de software (algoritmos e aplicações para o cálculo de rotas);
- Componente de dados (rede viária e suas características; dados sobre veículos).

Depois de selecionadas as componentes de *software* e de dados, o trabalho entrou numa fase mais exigente em termos de prática, que foi a concretização de um serviço *online* de *routing*, com toda a flexibilidade necessária.

Após a disponibilização do serviço, vários testes foram efetuados para comprovar o seu bom funcionamento, de acordo com os requisitos do mesmo. Alguns

deses testes são usados nesta dissertação (Capítulo 5) para atestar o bom comportamento da plataforma criada.

1.3. Estrutura

A presente dissertação foi estruturada em 6 capítulos, organizados da seguinte forma:

Capítulo 1: Introdução

No primeiro capítulo realiza-se uma breve descrição da situação atual e uma introdução aos principais conceitos. Também é realizado o respetivo enquadramento, a apresentação da motivação e objetivos e, ainda, uma pequena exposição da estrutura da dissertação.

Capítulo 2: Informação Geográfica Voluntária

Este capítulo tem como finalidade demonstrar o modo como a informação geográfica voluntária pode ser aplicada e a sua importância social, sendo abordadas algumas potenciais implicações sociais e políticas. São identificadas e explicadas três formas de como a informação geográfica voluntária pode alterar dados espaciais: a sua produção e partilha, o seu conteúdo e características, e os objetivos do uso de bases de dados espaciais.

São ainda abordados os tipos existentes de sistemas de informação geográfica, a sua estrutura geral, e alguns conceitos relacionados com os mesmos. Este capítulo faz referência a algumas tecnologias que tornaram possível a existência de informação geográfica voluntária, sendo ainda demonstradas as razões que levam as pessoas a criar esse tipo de informação. É ainda referida a importância da existência de dados abertos e explica os dez princípios que devem ser seguidos por todos os programas que utilizam esses dados.

Capítulo 3: OpenStreetMap

O terceiro capítulo aborda o projeto OSM, sendo referido o modo como se organiza a sua estrutura de dados topológica, as suas vantagens, a sua importância e o seu estado atual em Portugal. São também explicados os modos de edição possíveis em OSM e os eventos sociais designados de *OSM Parties*. Este capítulo demonstra algumas aplicações que têm sido criadas recorrendo ao uso de dados OSM, referindo ainda

alguns *softwares* disponíveis que trabalham com esses dados e permitem a obtenção de rotas.

Capítulo 4: Routing sobre OSM

No quarto capítulo, realizando-se uma explicação sobre o *software* selecionado. São referidos os programas utilizados pela aplicação e os dados considerados relevantes para o cálculo de routing. São descritas as considerações gerais para este trabalho e explicados os diferentes ficheiros de configuração utilizados pelos programas. Estes ficheiros de configuração são responsáveis pela criação de regras, pela atribuição de perfis a diferentes tipos de transporte e pela adição de novas linguagens. É ainda explicado o funcionamento do algoritmo.

Capítulo 5: Casos Práticos

Este capítulo contém alguns casos práticos que demonstram a funcionalidade da aplicação. Para cada caso prático são selecionados diferentes tipos de transporte, são observadas e explicadas as diferenças das rotas geradas.

Capítulo 6: Conclusões e Trabalho Futuro

Por fim, o último capítulo desta dissertação, faz uma conclusão sobre o projeto desenvolvido, sintetiza o trabalho realizado e as principais conclusões a retirar. São também mencionadas as perspetivas de trabalho futuro.

2. Informação Geográfica Voluntária

O uso de novas tecnologias e serviços online tem vindo a modificar o modo como se produz, usa, obtém e partilha informação geográfica. Algumas interfaces de geovisualização interativas, como *Google Maps*¹ e *Bing Maps Platform*² tornam possível que qualquer pessoa divulgue os seus próprios mapas e informações geográficas (7) (8). Nalguns casos, os governos recolhem essas informações geográficas online dos moradores, contando com as suas observações das necessidades locais ou problemas (9).

Um número crescente de telefones, câmaras digitais e outros dispositivos portáteis usam tecnologia GPS, possibilitando aos seus utilizadores a obtenção de informações relativas à sua localização. Permitem ainda a adição de informações geográficas. Este processo, designado *geotagging*, permite o armazenamento dessa informação tanto em termos formais (latitude/longitude) como em termos linguísticos (nomes de lugares) (10) (11). Estes desenvolvimentos contribuíram para um fenómeno que Goodchild e outros investigadores têm chamado de *Volunteered Geographic Information* (VGI), isto é, dados espaciais digitalmente produzidos não por instituições formalmente encarregadas para a criação dos mesmos, mas sim por cidadãos que reúnem e divulgam as suas observações e conhecimento geográfico (12) (13).

As tecnologias associadas ao processo VGI têm recebido cada vez maior atenção por parte de alguns pesquisadores e geógrafos, que analisam a sua importância social e as suas possíveis aplicações. Relativamente às aplicações, as principais preocupações estão relacionadas com testes de *hardware*, *software* e estruturas de dados que suportem os serviços VGI e desenvolvimento de técnicas para analisar e utilizar as novas e extensas bases de dados que se espera que, mais tarde, se materializem (14). No que diz respeito ao impacto social vários investigadores têm vindo a estudar o modo como o processo VGI pode desenvolver novas formas de prevenção e promover a diminuição da privacidade (15); permitir novas formas de ativismo e participação cívica (7) (8); ou agravar as desigualdades existentes criando novas formas de exclusão (16) (17). Estas discussões relacionadas com o impacto social do processo VGI são muito semelhantes

¹ Serviço Web de pesquisa e visualização de mapas e imagens de satélite da Terra, fornecido e desenvolvido pela empresa Google.

² Anteriormente designado *Virtual Earth*, trata-se de uma plataforma geoespacial de mapas produzida pela empresa Microsoft.

aos debates ocorridos na década de noventa, designados por *GIS and Society*, nos quais os SIG foram reconhecidos por muitos como uma ferramenta extremamente útil para capacitar indivíduos e grupos sociais menos favorecidos. Contudo foi também alvo de críticas, sendo considerado como um mecanismo de exclusão, gerador e agravador de desigualdades (18).

2.1. Impacto social do processo VGI

Atualmente existe uma pequena, mas crescente literatura sobre as potenciais implicações sociais e políticas do processo VGI. Muitos investigadores têm sido atraídos para esta área devido ao enorme potencial das ferramentas VGI para reunir, produzir, visualizar e partilhar informações numa escala nunca antes alcançada, de milhões de contribuintes, permitindo criar registos digitais de observações humanas nunca antes disponíveis como dados.

As críticas de “*GIS and Society*” de meados dos anos noventa deram origem a trabalhos em que se investigam os impactos de SIG na participação, nas relações de poder e nas desigualdades existentes no acesso aos dados espaciais e tecnologias, demonstrando como esses impactos ocorrem (19) (20) (21) e como os dados espaciais e as tecnologias podem incluir e excluir indivíduos num contexto político e social (22) (23).

Estes estudos apresentam em comum a ideia de que os impactos sociais de SIG são em parte provocados pela forma como a informação geográfica é criada, representada, comunicada e acedida num ambiente digital (24) (25). Permitem, assim, compreender quais as formas de exclusão e desigualdade que ocorrem e como são produzidas, apresentando-se como exemplos, os registos de dados dos censos nacionais que refletem os lugares onde existe um grande número de pessoas sem-teto, e os dados que os governos têm relativamente ao abandono de habitações de determinados locais (26). Estes dados são frequentemente incompletos nas áreas com maior necessidade, uma vez que se tratam de lugares onde os moradores são menos propensos a contribuir com informações e onde os membros de *staff* técnico do governo podem ser reticentes a deslocar-se. O isolamento dos indivíduos, as barreiras linguísticas, as sucessivas mudanças, o medo, ou outras barreiras podem também inibir o envolvimento das pessoas. Essas lacunas existem devido à existência de incompatibilidades entre as atuais estruturas de dados e as experiências vividas (27) (28).

Uma expressão muitas vezes associada ao processo VGI é *digital divide*. Apesar de toda a abertura, tal como a expressão sugere, este processo favorece todos aqueles que têm acesso à Internet e à banda larga, em particular. Apesar de existir um grande número de cidadãos em países desenvolvidos que apresentem esse acesso, o processo VGI encontra-se indisponível para a maioria da população mundial que vive nos países em desenvolvimento. Além disso questões de língua e alfabeto também afetam o acesso mesmo para quem apresenta ligações de banda larga, uma vez que muitos servidores VGI suportam apenas alguns tipos de alfabeto, como o alfabeto romano e inglês.

Em suma, quando os vocabulários e as categorias de estruturas de dados não podem abranger as experiências e as identidades de alguns grupos sociais ou lugares, isso produz implicações sociais e políticas.

Algumas pesquisas sugerem a importância do contexto em que as informações são geradas. De uma forma mais clara a identidade, o poder e o conhecimento espacial estão inseparavelmente ligados (28) (29). Por exemplo, numa pesquisa efetuada num bairro de Chicago, concluiu-se que os residentes latinos e ativistas da comunidade caracterizavam o conjunto de empresas porto-riquenhas e as agências comunitárias como um grande centro da atividade económica e de revitalização do bairro (30). Em contraste, uma pesquisa levado a cabo por Wilson e Grammenos (31), revelou que os agentes imobiliários, na sua grande maioria brancos e que viviam fora do bairro, descreviam o bairro como perigoso e degradado. Esses casos mostram como a identidade molda o conhecimento. Schuurman e Leszczynski (32) mostraram que o contexto é fulcral para a compreensão dos dados, suas aplicações sociais e impactos, assim como para questões relacionadas com a precisão e confiabilidade das informações voluntárias. Dado o vasto número de colaboradores que contribuem com informações através de serviços VGI, verificam-se níveis particularmente altos de informações contraditórias, que podem servir de indícios de diferenças sociais e políticas (33).

Outra questão muito importante é como o acesso aos dados espaciais, gestão e partilha são social e politicamente construídos. As leis locais e nacionais, as culturas políticas e organizacionais afetam os dados que estão integrados em infraestruturas, bem como o acesso público aos mesmos (26) (34). Outras pesquisas nessa área mostram como a integração de dados espaciais e partilha são afetados não apenas pelas tecnologias, mas também pelo tipo de práticas que são usados para assegurar a interoperabilidade. As pesquisas conduzidas nas áreas de PPGIS e PGIS demonstram a capacidade que relações sociais e políticas desiguais influenciam no acesso e partilha de

dados espaciais (32). Alguns trabalhos desenvolvidos demonstram que algumas políticas locais restringem o acesso aos dados, passando estes a funcionar como uma mercadoria, isto é, um recurso a ser negociado sob alçada política. Esta política de mercantilização da informação produz fortes desincentivos para o acesso a dados espaciais e a sua partilha (35).

Assim, o processo VGI tem sido responsável por uma profunda alteração dos dados espaciais, podendo ser identificadas três formas fundamentais: a sua produção e partilha, o seu conteúdo e características, e os seus objetivos. Todas estas abordagens são responsáveis pela modificação que tem ocorrido nos dados espaciais e são explicadas no presente capítulo (15).

2.1.1. Produção e Partilha

O *hardware*, o *software* e os serviços Web associados ao processo VGI têm alterado a forma como os dados espaciais podem ser produzidos e partilhados, uma vez que estas novas abordagens (como a *Wikimapia*³) são significativamente mais abertas para contribuições públicas do que as estruturas existentes (geoportais⁴). Os navegadores da Web são usados para visualizar e partilhar informações espaciais, e os dados podem ser transmitidos e armazenados em terminologias comuns em vez de se usarem linguagens codificadas de muitas bases de dados espaciais. Deste modo, prevê-se uma expansão no número de indivíduos e na diversidade de grupos sociais que criam dados.

Um aspeto importante a salientar relativamente à produção e partilha dos dados, está relacionado com a definição deste tipo de informação como “voluntária”. Esta caracterização implica uma intencionalidade ou altruísmo que podem não estar presentes e, por isso, conceber esses dados espaciais como “voluntários” pode esconder alguns pontos críticos. Como exemplos podem ser apontadas as informações que se pretende que sejam partilhadas online apenas para certos destinatários; as informações que os contribuintes pretendam que estejam livremente disponíveis; ou dados criados pelos utilizadores que podem ser usados por empresas ou governos para fins não divulgadas ao utilizador responsável por esses dados (15) (36) (37).

³ Serviço Web de pesquisa e visualização de mapas que utiliza imagens de satélite do planeta Terra para identificar lugares.

⁴ Portais Web usados para aceder a informações geográficas (informação geoespacial) e a serviços geográficos associados (visualização, edição e análise).

2.1.2. Conteúdo e Características

Uma vez que os serviços VGI possibilitam um maior número de pessoas a produzir dados de uma forma digital, o volume de dados espaciais existente tem aumentado de uma forma exponencial. Deste modo, estes serviços têm vindo a alterar o conteúdo e as características das bases de dados espaciais.

Muitos investigadores sugerem que a informação voluntária apresenta diferenças fundamentais quando comparada com a informação que é criada em diversas instituições em contextos especializados. Uma das características do processo VGI é o seu elevado e crescente grau de heterogeneidade que tem origem tanto na diversidade de formas de conhecimento, como nas contribuições de um conjunto extremamente diversificado de participantes. Este crescente número de contribuições deve-se fundamentalmente a interfaces relativamente simples e à fácil acessibilidade Web.

Alguns pesquisadores afirmam que as SDI (*Spatial Data Infrastructure*⁵) não estão habilitadas para lidar com o conteúdo gerado pelo utilizador, defendendo que o modelo *top-down* das SDI para o acesso, armazenamento e partilha de dados é bastante diferente da abordagem *bottom-up* que o processo VGI apresenta como premissa (35) (38). Apesar de reconhecerem essas diferenças, outros investigadores referem que as SDI podem lidar com questões de interoperabilidade, o que poderia ser muito útil para trabalhar com o processo VGI (38).

Uma vez que o processo VGI incide sobre dados, tem sido dada cada vez maior atenção às questões da qualidade, precisão e validade dos mesmos. Alguns investigadores propõem que o processo VGI deve depender de estruturas já existentes, como metadados, para adicionar detalhes sobre a reputação ou o conhecimento dos produtores de informação. Outros propõem incorporar sistemas de classificação do utilizador ou usar técnicas de visualização que permitam acompanhar a edição do conteúdo gerado pelos diferentes utilizadores (39). Essas abordagens são orientadas para ajudar os utilizadores a avaliar a validade de conteúdo gerado. Contudo, outros investigadores sugerem a utilização de técnicas de filtragem de informação automatizadas e baseadas na sua provável qualidade ou credibilidade (40). A forma

⁵ Estruturas de dados espaciais, metadados, utilizadores e ferramentas que se encontram relacionados de forma interativa, com o objetivo de utilizar dados espaciais de uma forma eficiente e flexível.

como estas questões serão resolvidas modificará a representação do conhecimento geográfico.

2.1.3. Objetivos do processo VGI

A maioria dos países apresenta agências nacionais que produzem e atualizam representações cartográficas das suas superfícies, e satélites que fornecem imagens atualizadas regularmente. Contudo, alguns países não conseguem sustentar as empresas responsáveis pela cartografia e, desse modo, têm deixado de atualizar os seus mapas de uma forma regular. Deste modo, as agências nacionais de cartografia devem deixar de tentar proporcionar uma cobertura uniforme de toda a extensão do país e oferecer padrões e protocolos sobre os quais pode ser criada uma cobertura a nível mundial por um grande número de indivíduos (12) (41) (42).

O processo VGI apresenta como objetivo atualizar, aumentar e completar as bases de dados espaciais, sendo designado por Goodchild como uma aproximação *patchwork*. Segundo esta perspetiva, a informação contribuída constitui-se como um complemento para adicionar aos dados já existentes, especialmente quando os recursos monetários e de *staff* não permitem gerar um conjunto completo de dados; e quando as dimensões temporais e espaciais de um fenómeno excedem as capacidades de produção das instituições responsáveis pelo desenvolvimento desses conjuntos de dados. A precisão de cada *patchwork*, bem como a frequência com que é atualizado, deve ser determinado pelas necessidades locais (12) (43) (44).

Por outro lado, outros investigadores referem que os serviços VGI permitem formas completamente novas de produção de conhecimento, bem como a promoção de novas práticas sociais e políticas. Miller e seus colaboradores analisaram a forma como os cidadãos de Nova Orleães usavam a plataforma de mapas Google para publicar informações sobre as condições e necessidades locais de resgate depois do furacão Katrina (7). Ativistas de todo o mundo têm vindo a usar serviços de geovisualização online para criar novas formas de discurso político, comunicação, e redes, muitas vezes divulgando informações que as próprias autoridades se esforçam para restringir (7) (17) (45). Estas novas formas de produção de conhecimento, segundo muitos investigadores, podem ser bastante problemáticas pois promovem um menor grau de privacidade (15) (36). Existem muitos exemplos, tais como um site denominado “Vizinhos Rotten”

(entretanto encerrado) que permite que qualquer indivíduo coloque informações sobre a localização e a relação com os seus vizinhos.

As diferenças entre abordagens *patchwork* e práticas de conhecimento inteiramente novo são fundamentais para perceber os impactos sociais do processo VGI, pois estas diferentes práticas de conhecimento suscitam diferentes considerações sociais e políticas. A abordagem *patchwork* está relacionada com a identificação de contribuintes para bases de dados existentes, e como, ou se as suas contribuições devem ser controladas e verificadas. A maioria das preocupações sobre a precisão dos dados e validação em VGI está relacionada com abordagens deste tipo. Na segunda abordagem pode ser útil considerar como as interfaces tecnológicas e estruturas de dados dos serviços de VGI moldam as formas de conhecimento e como consequência, as práticas sociais e políticas, tal como Zook e Graham (16) (17) fizeram no seu trabalho em plataformas de mapeamento da Google.

Em suma, os esforços para identificar potenciais impactos do processo VGI revelam um foco predominante sobre os dados: como e com que implicações este processo tem vindo a influenciar a criação e partilha de dados espaciais, o seu conteúdo e características, e os papéis que podem desempenhar na produção de conhecimento.

2.2. Aplicações do processo VGI

O processo VGI apresenta uma aplicabilidade a vários níveis, sendo aqui descritos alguns exemplos de como esse processo pode constituir um auxílio importante para a sociedade.

A observação da ciência da Terra bem como a segurança e vigilância, podem ser efetuadas através da instalação de redes de sensores em todo o plano geográfico. A colocação de sensores no fundo do mar para alerta precoce de tsunamis e com interesse científico, bem como as redes de sensores de tráfego para fornecer imagens em tempo real do congestionamento, constituem bons exemplos do uso dos mesmos.

De uma forma geral podem-se distinguir três tipos de redes de sensores. A maioria dos exemplos está relacionada com uma rede sensores inertes, estáticos, que são projetados para capturar medidas específicas dos seus ambientes locais. Outro tipo de sensores é aquele que se encontra adaptado a seres humanos, veículos ou animais. Por exemplo, crianças equipadas com sensores de poluição do ar têm permitido desenvolver pesquisas muito úteis para se compreender os fatores que afetam a asma. Outro tipo de

sensores consiste nos próprios humanos, ou seja, cada pessoa com os seus cinco sentidos e inteligência para interpretar aquilo que sente, tem liberdade para representar a superfície do planeta.

A expressão *citizen science* é frequentemente utilizada para descrever comunidades que atuam como observadores em determinados domínios da ciência. Para garantir que os dados resultantes apresentam alta qualidade foram estabelecidos ao longo dos anos uma série de protocolos.

Um exemplo internacional é *GLOBE Program*, que é um programa internacional científico e educativo de caráter prático sobre o ambiente. O *GLOBE Program* faz com que os alunos, professores e investigadores científicos participem num conhecimento cada vez maior sobre o ambiente através da recolha de dados e de observações realizadas pelos próprios alunos. Os seus principais objetivos são a sensibilização do público para o ambiente e a contribuição para o conhecimento científico da Terra. Trata-se de um projeto que, a par de outros, requer um bom grau de formação e especialização, o que pode ser um fator limitante. No entanto, existem muitas outras formas de VGI muito menos exigentes.

Algumas catástrofes naturais, como o tsunami no Oceano Índico em 2004 ou o furacão Katrina em 2005, têm chamado a atenção para a importância da informação geográfica na gestão deste tipo de emergências, e para os problemas que surgem no rescaldo do evento antes de se tornarem disponíveis imagens adequadas para avaliação de danos e planeamento de resposta. Os satélites de observação terrestre podem não passar sobre uma área afetada durante vários dias. As imagens de satélites e aeronaves podem ser obscurecidas pela existência de nuvens e fumaças. As condições no terreno podem impedir o *download* rápido de imagens digitais por causa de falta de energia, ligações de Internet, ou *hardware* e *software* de computadores. Nestas situações o processo VGI apresenta um potencial enorme, pois permite obter relatórios quase imediatos de observadores distribuídos geograficamente. Além disso, a população humana na área afetada é inteligente, familiarizada com essa área e, por isso, mais capaz de relatar as condições através de telefones, textos ou fotos.

Alguns sites como o *Wikimapia* apresentam um elevado nível de abertura, assim como muitos outros esforços VGI. Por outro lado, o *GLOBE Program* apresenta restrições na participação para garantir uma especialização adequada. Durante muitos anos as empresas produtoras de mapas digitais têm confiado em redes de observadores locais para fornecer um aviso rápido de novas ruas, mudanças de nomes, entre outras,

pagando-lhes como trabalhadores a tempo parcial. Contudo, tais informações podem ser adquiridas através da contribuição voluntária dos cidadãos.

Uma empresa designada *Inrix* tem recolhido dados em tempo real sobre o congestionamento e outros fatores que afetam viagens de redes rodoviárias. Muitos agricultores apresentam sistemas elaborados para o mapeamento e monitorização dos seus campos e plantações, sendo uma fonte potencial de dados que é em muitos casos, muito mais detalhado e atual do que as disponíveis a partir de agências centrais agrícolas.

Esta evolução do processo VGI, que reúne informações provenientes de várias áreas, tem contribuído para uma maior difusão de informação geográfica.

2.3. *Open Gis: Interoperabilidade em GIS*

A quantidade de dados geográficos disponíveis tem crescido muito rapidamente, adotando-se diferentes alternativas tecnológicas para a sua aquisição, armazenamento, processamento, análise e visualização, o que conduz a um conjunto de esforços isolados e independentes uns dos outros (37) (46).

Apesar da atual evolução do geoprocessamento, a adoção de diferentes plataformas de *hardware* e *software* com formatos de armazenamento de informações geográficas distintos, faz com que os dados espaciais nem sempre possam ser utilizados para um conjunto variado de aplicações.

Outro problema está relacionado com os métodos e padrões usados para a recolha e a manutenção dos dados, pelos utilizadores do mesmo SIG. Por exemplo, um utilizador pode ter um grau de exigência superior para a precisão cartográfica relativamente aos restantes. Existem ainda outros problemas que podem impedir a troca de informações como: diferenças de sistemas de projeção, unidades de medida, métodos para produção de estimativas, e ainda diferenças entre os conceitos utilizados por cada utilizador na criação e manutenção de seus dados.

Na tentativa de encontrar uma solução para estes problemas, foi criado em 1994 o *Open GIS Consortium* (OGC) responsável pela elaboração de um padrão denominado *Open Geodata Interoperability Specification* (OGIS), que apresenta três partes fundamentais:

- ***Open Geodata Model*** (OGM), que procura representar de uma forma comum a Terra e todos os fenómenos relacionados com ela, matematicamente e conceitualmente;

- **OGIS Services Model**, utilizado para a implementação de serviços de acesso a dados geográficos, incluindo a sua gestão, manipulação, representação e partilha;

- **Information Communities Model**, que representa uma base para utilização do OGM e do *OGIS Services Model* na tentativa de resolver os problemas técnicos de interoperabilidade.

O principal objetivo de OGIS passa por estabelecer um padrão comum para a transferência de dados geográficos entre aplicações, possibilitando o acesso a qualquer base de dados geográfica.

2.4. Tecnologias que permitem VGI

Um dos exemplos mais convincentes do processo VGI é *Wikimapia*, pois qualquer pessoa com ligação à Internet pode seleccionar uma área na superfície da Terra e fornecer uma descrição. Podem-se ainda incluir *links* para outras fontes (páginas Web e vídeos *Youtube* por exemplo), adicionar fotos dos locais e a visualização pode ser filtrada por categorias. O site *Flickr* apresenta alguns aspetos semelhantes, permitindo que os utilizadores partilhem e localizem fotografias sobre a superfície da Terra. Contudo, existem outros exemplos com representações mais elaboradas da superfície da Terra. *OpenStreetMap* é um esforço internacional voluntário para criar uma fonte de dados gratuita de mapas. A Figura 2.1 mostra o mapa de Dublin na altura da sua edição. Como se pode verificar o mapa encontra-se bastante incompleto. Este esforço voluntário pode, potencialmente, preencher uma enorme lacuna na disponibilidade de informação geográfica digital.

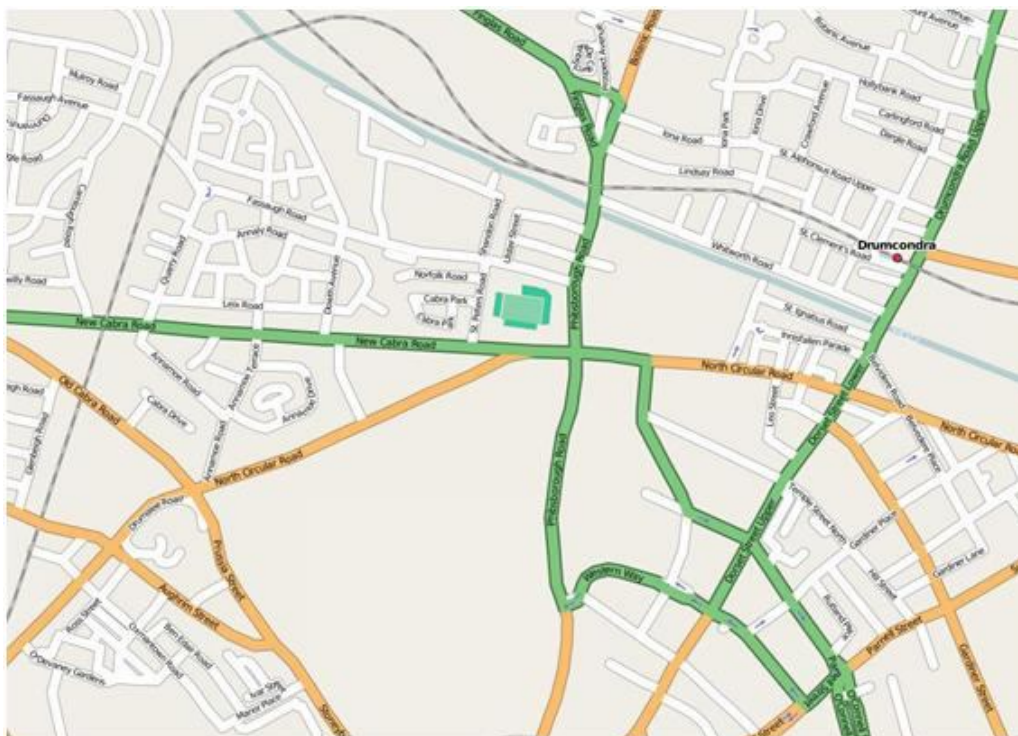


Figura 2.1: Parte de OSM a cobrir Dublin, Irlanda. Faltam nomes de ruas e áreas que ainda não se encontravam editadas (12).

Quando o Google adquiriu o *software* anteriormente conhecido como *EarthViewer*, redesenhou a sua interface com o utilizador, e criou um serviço que abriu algumas das capacidades mais simples de SIG para o público em geral - o *Google Earth* (47). *Google Earth* e *Google Maps* popularizaram o termo *mash-up*, isto é, a capacidade de sobrepor informações geográficas de diversas fontes distribuídas pela Web. Por exemplo, a Figura 2.2 mostra um *mash-up* de *Google Earth* que combina um mapa de Londres de 1843 com dados *online* sobre as fontes de água e mortes por cólera (48). A existência de *software* livre facilita este tipo de *mash-up*, que se encontra perfeitamente ao alcance do público em geral.



Figura 2.2: *Mash-up* Google Earth da área de Soho, Londres. A imagem combina um mapa de 1854 com dados das mortes do surto de cólera (a verde) e de fontes de água (a vermelho) (12).

Estes são apenas alguns exemplos de um fenómeno que revolucionou o mundo da informação geográfica, tendo potencial para redefinir os papéis tradicionais de agências de mapeamento e empresas. Em meados de 1990, *U.S. Federal Geographic Data Committee* publicou normas para a descrição de conjuntos de dados geográficos. O projeto foi muito oportuno, dado o rápido aumento na disponibilidade de informação geográfica através da Internet que ocorreu naquela época. No entanto, e apesar dos numerosos esforços e incentivos, continua a ser muito difícil convencer os responsáveis a fornecer uma documentação adequada para a criação de conjuntos de dados geográficos. Por exemplo, mesmo o *Google Earth* não apresenta um modo de informar os seus utilizadores sobre a qualidade das suas diferentes camadas de dados, e é praticamente impossível determinar a data em que qualquer parte de sua base de imagem foi obtida.

Esta relutância em fornecer uma documentação dos dados geográficos fez crescer o interesse no processo VGI. Este elevado interesse baseia-se numa atitude meramente voluntária por parte dos utilizadores, que se dispõem a criar e publicar informação geográfica sem receber qualquer incentivo. A atenção centra-se sobre que tipo de pessoas são mais propensas a participar nestes processos, e que razões as levam a fazê-lo.

A autopromoção é uma dessas razões, tratando-se de um importante motivador de atividade na Internet. Apesar da existência de vários recursos Web, existe sempre a esperança de que alguém se poderá interessar pelos sites criados. Esta questão de autopromoção pode nem sempre estar presente, como acontece em projetos essencialmente anónimos, sendo exemplo disso o projeto OSM. Nos projetos deste tipo existe fundamentalmente a satisfação pessoal de um utilizador poder verificar as suas próprias contribuições aparecerem editadas e de assistir a esse crescimento com uma cada vez maior cobertura de detalhes.

Num nível diferente, muitos utilizadores tornam informações disponíveis em sites Web 2.0 para amigos e parentes, independentemente dessa informação se tornar disponível para todos. Isto explica, por exemplo, a popularidade de sites como o *Picasa*.

O processo VGI tem potencial de ser uma fonte muito importante para os geógrafos entenderem a superfície da Terra. Pode, por exemplo, ser utilizado como alerta precoce. Uma vez que este processo motiva todos os indivíduos a agir de forma voluntária, é muito mais barato do que qualquer outra alternativa, e os seus produtos são quase sempre disponíveis para todos. Além disso, constituem muitas vezes a única fonte de informação geográfica, particularmente em áreas onde o acesso à mesma é considerado como uma questão de segurança nacional.

O valor mais importante do processo VGI baseia-se na informação que pode ser partilhada sobre as atividades locais nas mais variadas localizações geográficas, desde as áreas mais rudimentares aos locais mais desenvolvidos. É neste contexto que VGI fornece um contributo, duradouro e convincente para os seus utilizadores. Seguidamente são descritas algumas tecnologias que se combinaram para tornar possível este processo de VGI (12) (46).

2.4.1. Web 2.0

Os primeiros conceitos da Web destacam a capacidade dos utilizadores acederem remotamente a sites através de interfaces simples conhecidos como navegadores. O primeiro navegador a ser lançado foi o Mosaic, em 1992. A navegação na Web pode ser efetuada por hyperlinks, que são palavras destacadas que quando clicadas iniciam um *download* de outra página ou site. Inicialmente, as páginas Web consistiam em texto, sendo mais tarde incluídas também imagens gráficas, aproveitando-se assim as enormes capacidades gráficas de computadores pessoais. Contudo, a relação entre o utilizador e a

página Web era essencialmente de sentido único, uma vez que o único papel que o utilizador tinha era iniciar o *download* do conteúdo.

Com o tempo foi possível estender a função dos utilizadores, sendo desenvolvidos protocolos para que fossem autorizados a aceder a informações armazenadas e adicionar registos nas bases de dados de um servidor. Alguns sites de companhias aéreas de reserva (por exemplo, *Expedia*), *eBay*, entre outros, exploram essa capacidade. No início do ano 2000 esta capacidade dos utilizadores de fornecerem conteúdo cresceu tanto, que se tornou possível construir sites quase totalmente preenchidos por conteúdo gerado pelos utilizadores. Estes sites apresentavam pouco controlo e moderação por parte dos proprietários e também pouca restrição sobre a natureza do conteúdo. Nalguns casos os utilizadores podiam ainda editar o conteúdo criado por outros. O conjunto destes sites cuja interação com o utilizador é muito mais dinâmica, representa aquilo que se designa de Web 2.0. Deste modo, o processo VGI resulta primeiramente de uma crescente gama de interações possibilitadas pela evolução Web.

2.4.2. Georreferenciação e Geotags

A georreferenciação de uma imagem, mapa ou qualquer outra forma de informação geográfica consiste em tornar as suas coordenadas conhecidas num dado sistema de referência. Este processo inicia-se com a obtenção das coordenadas da imagem ou dos pontos do mapa que se pretende que sejam georreferenciados. Normalmente, são os nomes dos lugares que fornecem uma base de referência geográfica, pois são muito poucas as pessoas que conhecem a latitude e a longitude da sua casa. Portanto, para permitir a criação de dados geográficos pelo público em geral, é necessário disponibilizar um conjunto de ferramentas que identifique as coordenadas das localizações na superfície da Terra.

Existem várias ferramentas para fornecer essa necessidade, e que permitem o processo VGI. O GPS pode ser acedido por um conjunto vasto de tecnologias, permitindo a localização. As câmaras podem ser habilitadas com GPS, para que fotografias digitais possam ser automaticamente marcadas com coordenadas. As coordenadas pode também ser obtidas através de um processo conhecido como *geocoding*, que determina as coordenadas geográficas para um endereço físico. Uma outra opção consiste em usar as imagens disponíveis do *Google Earth*, *Google Maps* ou

outros serviços semelhantes. Assim, seleciona-se visualmente um local e as coordenadas são gravadas clicando.

As *Geotags* são códigos padronizados que pode inserir informação geográfica, como fotografias, vídeos, sites, entre outros, e ajudam os utilizadores a encontrar informações na Web de locais específicos.

2.4.3. GPS

O GPS representa o primeiro sistema da história humana que permite a medição direta da posição na superfície da Terra. Os recetores GPS são fáceis de usar e fornecem estimativas da localização praticamente instantâneas (após um período de calibração inicial).

Podem ser incorporados em sistemas de navegação automóvel, permitindo a localização atual do veículo sendo comparada com os conteúdos dos mapas digitais. A utilização de dispositivos com GPS desencadeou uma série de atividades interessantes no processo VGI, tais como a criação de mapas a pé, de bicicleta ou de automóvel.

2.5. Código Aberto

As atividades VGI descritas, e o paradigma social que está subjacente à participação voluntária dos cidadãos na construção de bens digitais comuns, também aparecem no desenvolvimento de software. Da mesma forma que se pretendem construir mapas de dados livres, em que todos possam contribuir com o seu conhecimento, existem soluções *open source* exatamente com os mesmos princípios, onde cada um pode contribuir.

O termo código aberto (*open source* em inglês), foi criado pela OSI (*Open Source Initiative*) e refere-se a *software* livre. A existência de dados abertos é muito importante pois possibilita informar e envolver todos os cidadãos, permitindo assim inovação e uma nova visão. De uma forma geral, num programa em código aberto devem ser garantidos dez princípios (49):

- **Distribuição livre:** a licença não deve restringir a venda ou distribuição do programa de uma forma gratuita;

- **Código fonte:** o programa deve incluir o código fonte e permitir a sua distribuição na forma compilada. Caso o programa não seja distribuído com o seu

código fonte, deve existir algum meio para se obter o mesmo. O código deve ser legível e inteligível por qualquer programador;

- **Trabalhos derivados:** a licença deve permitir modificações e trabalhos derivados, que sejam distribuídos sobre os mesmos termos da licença original;

- **Integridade do autor do código fonte:** a licença deve explicitamente permitir a distribuição do programa construído a partir do código fonte modificado. Contudo, a licença pode requerer que os programas derivados apresentem um nome ou número de versão diferentes do programa original;

- **Não discriminação contra pessoas ou grupos:** a licença não pode ser discriminatória contra qualquer pessoa ou grupo de pessoas;

- **Não discriminação contra áreas de atuação:** a licença não deve restringir qualquer pessoa de usar o programa num ramo específico de atuação;

- **Distribuição da licença:** os direitos associados ao programa devem ser aplicáveis para todos aqueles cujo programa é redistribuído, sem a necessidade de execução de uma licença adicional;

- **Licença não específica a um produto:** todas as partes para quem o programa é redistribuído devem apresentar os mesmos direitos relativamente àqueles que são garantidos com a distribuição de programas original;

- **Licença não restringe outros programas:** a licença não pode colocar restrições a outros programas que são distribuídos juntamente com o programa licenciado;

- **Licença neutra em relação a tecnologia:** nenhuma cláusula da licença pode estabelecer uma tecnologia individual, estilo ou interface a ser aplicada no programa.

Alguns dos casos paradigmáticos de sucesso do paradigma do open source são o Linux, servidor Apache, Firefox, PostgreSQL, Drupal.

Atualmente, muitos projetos em *open source* têm sido desenvolvidos no domínio dos SIG, sendo que muitos deles se baseiam em dados provenientes do projeto OSM. Este tema vai ser abordado com maior detalhe no capítulo seguinte.

3. OpenStreetMap

No âmbito desta dissertação de mestrado, decidiu-se recorrer ao uso dos dados recolhidos de um projeto colaborativo criado em 2004 por Steve Coast, designado de *OpenStreetMap* (OSM), que tem como objetivo criar e fornecer dados geográficos de forma gratuita, uma vez que a maioria dos dados contidos nos mapas apresentam restrições legais ou técnicas relativas ao seu uso. A construção de aplicações sobre os mapas da Google, por exemplo, tem que obedecer às suas políticas de utilização, impossibilitando o uso dos seus dados de forma criativa e produtiva (6).

A escolha recaiu em OSM devido à enorme potencialidade deste projeto que apresenta inúmeras vantagens. Além de se tratar de um projeto gratuito, é aberto e encontra-se disponível de uma forma global. Apresenta uma enorme flexibilidade, permitindo a utilização de toda a informação existente de uma forma muito permissiva. A sua base de dados é perfeita para se trabalhar com *routing*, uma vez que apresenta uma estrutura topológica e não tem restrições técnicas relativamente ao processamento de dados. Na Figura 3.1 encontra-se representado o mapa com dados OSM para uma zona da cidade de Braga.

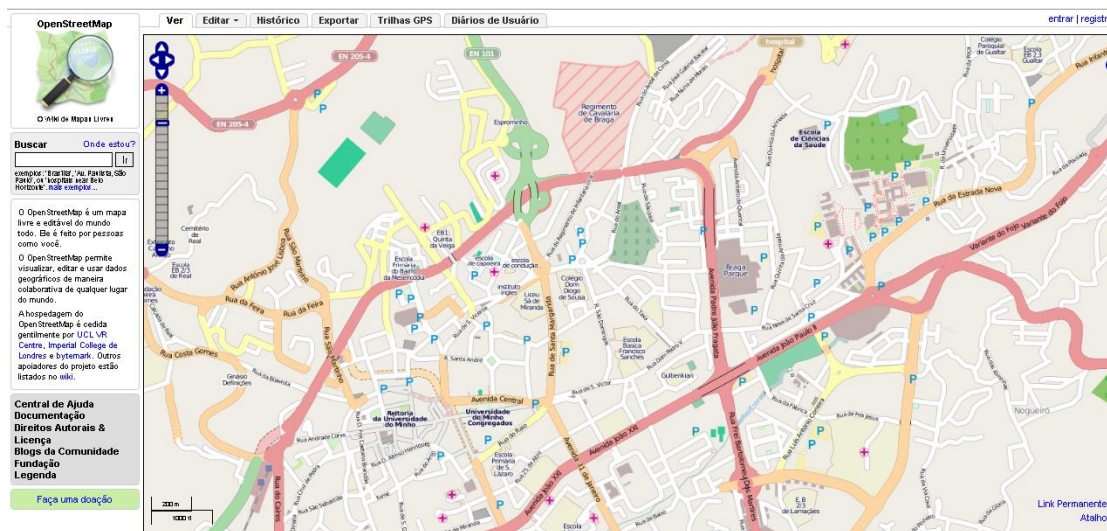


Figura 3.1: Visualização da página Web *OpenStreetMap* com os dados referentes a uma parte de Braga (50).

Os mapas podem ser editados recorrendo ao uso de três tipos de objetos: **nodos**, **ways** e **relações** (51). Os nodos são pontos que apresentam uma posição geográfica definida. São os únicos elementos que apresentam coordenadas em OSM e são utilizados para representar pontos interessantes, como por exemplo cafés (Figura 3.2).



Figura 3.2: Representação de um nó em OSM.

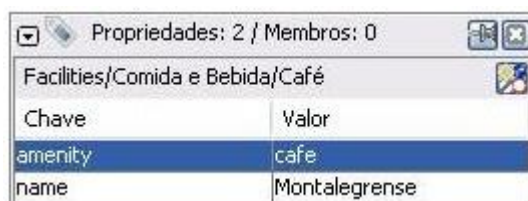
Ways são sequências de nodos e podem ser usados para representar vias, rios, fronteiras, construções, entre outros. Por exemplo, a vermelho na Figura 3.3 encontra-se representado um tipo de via. Se um *way* for fechado, ou seja, se o nodo final for o mesmo que o inicial, também passa a ser designado de área. A relação consiste numa sequência de objetos que se encontram relacionados por algum motivo. Um exemplo de uma relação pode ser a rota de um autocarro constituída por diferentes tipos de *ways* (representando diferentes tipos de vias) e nodos (representando paragens de autocarros).



Figura 3.3: Representação de um way em OSM.

Aos objetos podem ser atribuídas diferentes *tags*, que consistem num par nome/valor utilizado para os descrever detalhadamente. A existência de um conjunto variado de *tags* faz com que um nodo representando um restaurante seja diferente de um que representa uma igreja, ou um *way* que representa uma via residencial seja diferente

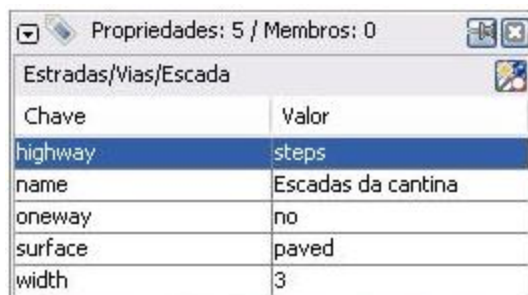
de um que representa um rio, ou uma relação que representa uma rota de autocarro seja diferente de uma representa uma rota de bicicleta. Na Figura 3.4 estão representadas as *tags* que descrevem o nodo da Figura 3.2, ou seja, esse nodo representa um café que se chama “Montalegrense”. A Figura 3.5 apresenta todas as propriedades da via apresentada na Figura 3.3, podendo-se constatar que a via é composta por escadas, com o nome “Escadas da Cantina”, não se trata de uma via de sentido único, encontra-se pavimentada e apresenta 3 metros de largura.



The screenshot shows a window titled 'Propriedades: 2 / Membros: 0' with a sub-header 'Facilities/Comida e Bebida/Café'. It contains a table with two columns: 'Chave' and 'Valor'. The table lists two tags: 'amenity' with the value 'cafe' and 'name' with the value 'Montalegrense'.

Chave	Valor
amenity	cafe
name	Montalegrense

Figura 3.4: *Tags* utilizadas para descrever o nodo.



The screenshot shows a window titled 'Propriedades: 5 / Membros: 0' with a sub-header 'Estradas/Vias/Escada'. It contains a table with two columns: 'Chave' and 'Valor'. The table lists five tags: 'highway' with the value 'steps', 'name' with the value 'Escadas da cantina', 'oneway' with the value 'no', 'surface' with the value 'paved', and 'width' with the value '3'.

Chave	Valor
highway	steps
name	Escadas da cantina
oneway	no
surface	paved
width	3

Figura 3.5: *Tags* utilizadas para descrever o way.

Deste modo, o OSM suporta um conjunto variado de *tags*, podendo ser usado como um mapa para direções, ou como um recurso de pontos de interesse. O servidor de OSM atribui a cada objeto um número único, o ID do objeto ou ID OSM. Um novo objeto não apresenta um ID (é igual a 0) até que seja carregado pela primeira vez para o servidor OSM.

A comunidade OSM tem vindo a crescer, com um número cada vez maior de utilizadores a contribuir para este projeto. O facto de a Microsoft ter permitido a utilização de imagens aéreas do seu serviço Mapas Bing, possibilitou esse rápido crescimento, passando a ser possível o uso dessas imagens como base na edição dos dados.

Para que seja possível começar a editar mapas apenas é necessário criar uma conta no OSM e seleccionar uma ferramenta de edição. As ferramentas de edição mais

populares são *Potlatch2* e *JOSM (Java OpenStreetMap)*. A primeira caracteriza-se pela sua simplicidade, sendo totalmente desenvolvida em *flash* e executada em qualquer browser que tenha esse plug-in instalado. O *JOSM* é um editor em java destinado a utilizadores mais avançados e apresenta uma interface mais complexa, que exige um processo de adaptação. Apresenta um conjunto extremamente diversificado de opções e *tags*, permitindo ainda a edição de mapas de um modo *offline* (6) (51).

Apesar da disponibilidade dos dados variar de país para país, a cobertura tem vindo a melhorar cada vez mais em todo o mundo. Em Portugal esta comunidade encontra-se numa fase inicial, existindo ainda algumas cidades incompletas ou quase inexistentes. A existência de um mapa detalhado do nosso país, com elevada tradição no turismo, constituiria um recurso muito importante, pois a adição de pontos de interesse ou ruas pode incentivar o turismo e servir de auxílio a quem nos pretenda visitar. Para ajudar a colmatar a falta de informação, têm sido realizadas iniciativas (*OpenStreetMap Parties*) e desenvolvidas algumas técnicas (*Walking Papers*), que vão ser explicadas nas secções que se seguem.

3.1. OSM Parties

OpenStreetMap Parties (OSM Parties) são eventos sociais organizados pela OSGeo (Associação Software Aberto para Sistemas de Informação Geográfica, do inglês *Open Source Geospatial Foundation*) que envolvem um conjunto de pessoas que se organiza para mapear uma determinada área de forma exaustiva, procurando elaborar mapas cada vez mais completos que possam ser utilizado pela comunidade OSM. Essas pessoas não precisam de ter qualquer curso, mas sim uma vontade enorme de aprender e trabalhar.

Nestas iniciativas, é criado um grupo local, que inclui normalmente o apoio das câmaras das localidades onde se pretende efetuar o mapeamento. São, então, constituídas equipas, cujos elementos apresentam diferentes funções, o que confere um maior dinamismo, uma melhor troca de ideias, e um melhor relacionamento com as entidades locais. Cada equipa apresenta um condutor, um topógrafo/leitor de mapas/copiloto e um fotógrafo/apontador de pontos de interesse. São distribuídos mapas de apoio da zona que se pretende editar, efetuando-se de seguida um levantamento de informação. Percorrem-se, então, todos os locais da zona que se pretende mapear, adquirindo-se as vias principais, caminhos florestais, igrejas, ecopontos, cemitérios, cafés, bancos, escolas, etc. O último passo consiste na junção de todos os dados

recolhidos pelas várias equipas e na edição dos mesmos, tornando-os públicos no servidor OSM (Figura 3.6).



Figura 3.6: Edição dos dados levantados da iniciativa *OSM Party* em Vale de Cambra.

Como resultado consegue-se obter um mapa de um local que ainda não existia (Figura 3.7), ou uma atualização do mesmo. Além disso, os mapeamentos efetuados com base nestas iniciativas apresentam a tendência de serem continuados e algumas Câmaras Municipais começam a fornecer informação geográfica para o OSM. Deste modo, a existência deste tipo de eventos apresenta um papel fundamental na qualidade dos dados de OSM, fazendo com que sejam cada vez melhor.

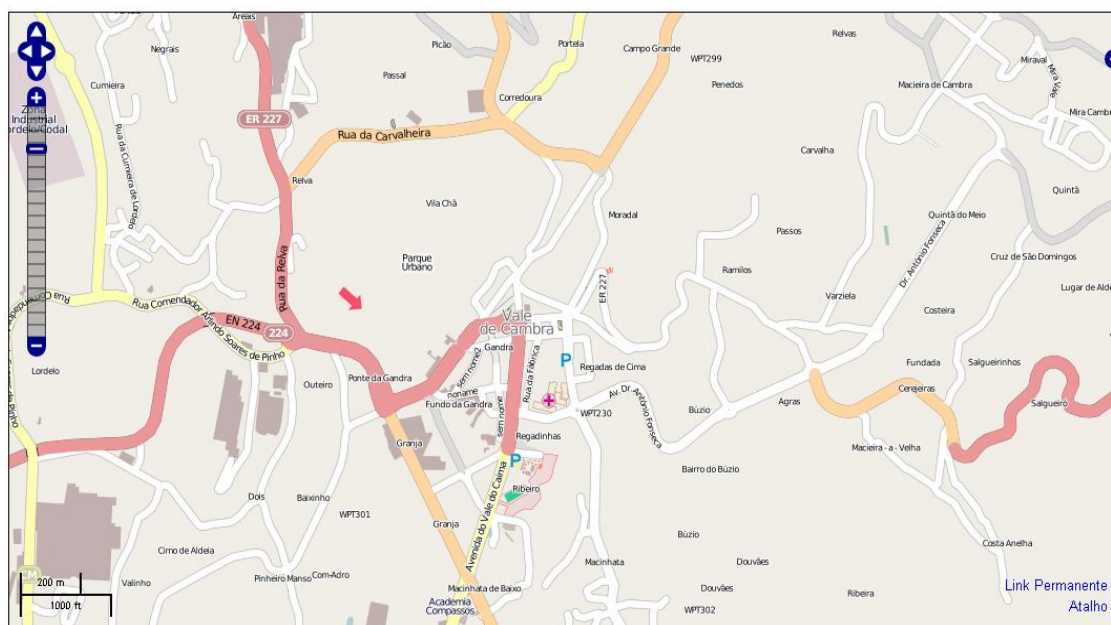


Figura 3.7: Mapa com os dados de Vale de Cambra depois da iniciativa *OSM Party*.

3.2. *Walking Papers*

Na edição em OSM, os participantes podem criar os primeiros mapas recorrendo a dispositivos com GPS. Contudo, quando já existem locais parcialmente mapeados, não são necessários dispositivos com GPS mas sim conhecimento adicional sobre o que existe nesses locais (pontos de interesse como sinais de trânsito, caixas multibanco, cafés, escolas, parques, lojas, entre outros). Para ajudar a suprir esta necessidade criou-se *Walking Papers* (Figura 3.8), que permite a impressão de mapas OSM, onde são marcados todos os pontos relevantes através da simples escrita. De seguida procede-se à digitalização desses mapas, que servem de base para a edição dos dados recolhidos. Este serviço foi projetado para que o mapeamento não necessite de dispositivos para gravar as informações pretendidas, podendo ser realizadas anotações durante o percurso.

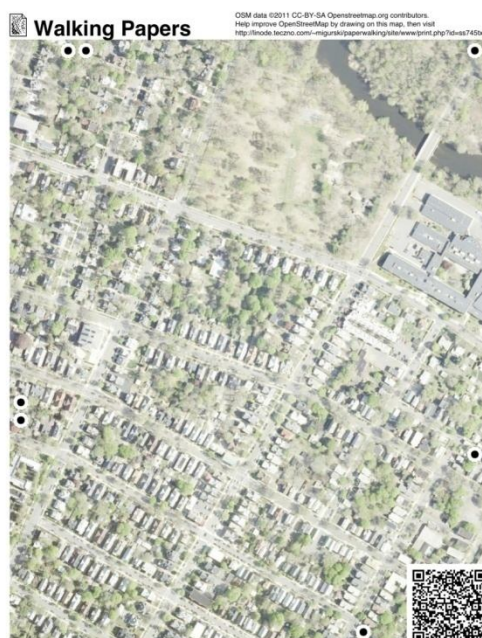


Figura 3.8: Exemplo da impressão de um *Walking Paper*.

3.3. Serviços que utilizam OSM

Os dados recolhidos de OSM apresentam uma enorme aplicabilidade, onde se inserem vários projetos relacionados com os transportes. Atualmente, têm sido desenvolvidos vários serviços diretamente relacionados com transportes como a representação de redes, *routing*, mapas esquemáticos, simulações e mapas de viagem que incluem fator

tempo, que se baseiam em dados OSM. Nesta secção vão ser demonstrados alguns desses projetos.

3.3.1. Visualização/Representação de redes

Alguns projetos como o *OpenCycleMap* (Figura 3.9) e *OSMTransport* (Figura 3.10) foram desenvolvidos para fornecer aos utilizadores informações relevantes relativamente aos transportes, através da criação de redes que apresentam como base dados provenientes de OSM.

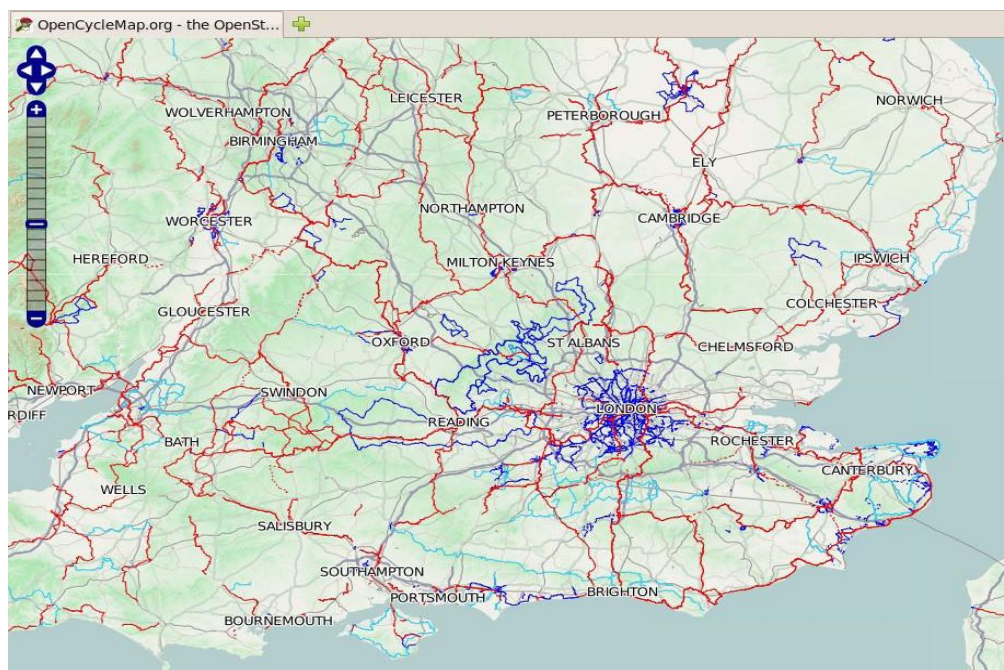


Figura 3.9: Mapa que apresenta a rede de bicicletas para o sul de Inglaterra, através de *OpenCycleMap* (52).

O *OpenCycleMap* é um serviço que apresenta um mapa internacional para bicicletas que tem como objetivo fornecer informações úteis para todos os ciclistas, como os caminhos e pistas, estacionamento e lojas dedicados a bicicletas (52). Na Figura 3.9 pode-se verificar a vermelho a rede de bicicletas a um nível nacional e a azul a um nível local. Apenas em níveis mais altos de *zoom* surgem as outras informações adicionais.

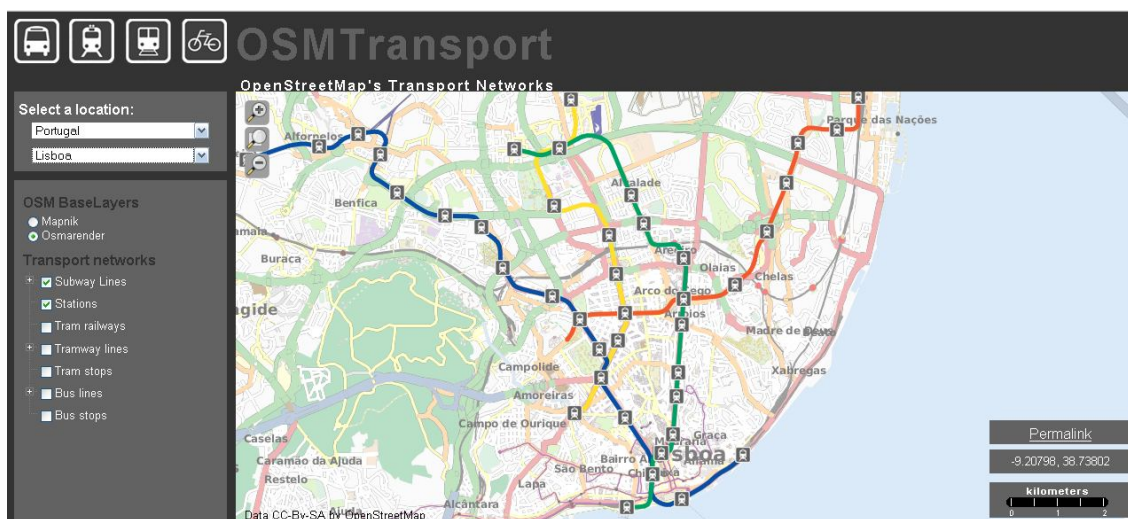


Figura 3.10: Mapa que apresenta linhas e estações de metro em Lisboa, através de OSMtransport (53).

O OSMtransport é um website utilizado para fornecer informações sobre redes de autocarros (linhas e paragens), rede de metro (linhas e estações), rede de comboios (linhas e estações) e rede de bicicletas (postos de aluguer). A Figura 3.10 apresenta as linhas de metro e todas as paragens para a cidade de Lisboa (53).

3.3.2. Routing

Muitas aplicações que permitem *routing* têm também sido desenvolvidas, constituindo-se como um apoio fulcral para os utilizadores que pretendam obter percursos até um determinado local. Uma dessas aplicações, *ride the city*, foi desenvolvida para permitir obter rotas de bicicletas na cidade de Nova York, com informações detalhadas. Fornece ainda alguma informação adicional como a localização de lojas de bicicletas (Figura 3.11) (54).

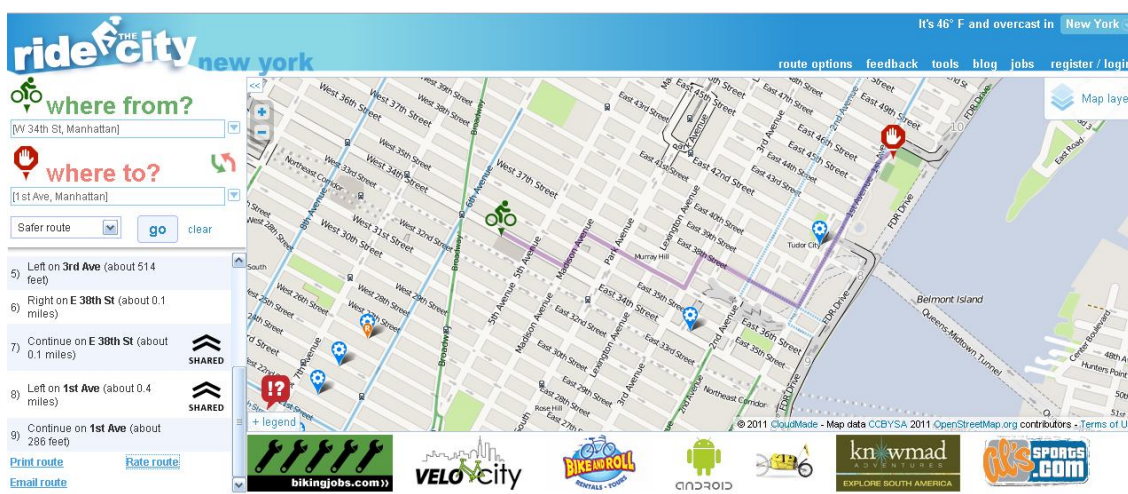


Figura 3.11: Mapa que apresenta a rota de uma bicicleta, através da aplicação ride the city (54).

Uma outra aplicação designada *busroutes.in*, calcula rotas para autocarros em diferentes cidades indianas, fornecendo ainda informações sobre todas as paragens (Figura 3.12). São selecionados a origem e o destino da viagem, sendo obtida a rota juntamente com todas as paragens efetuadas (55).

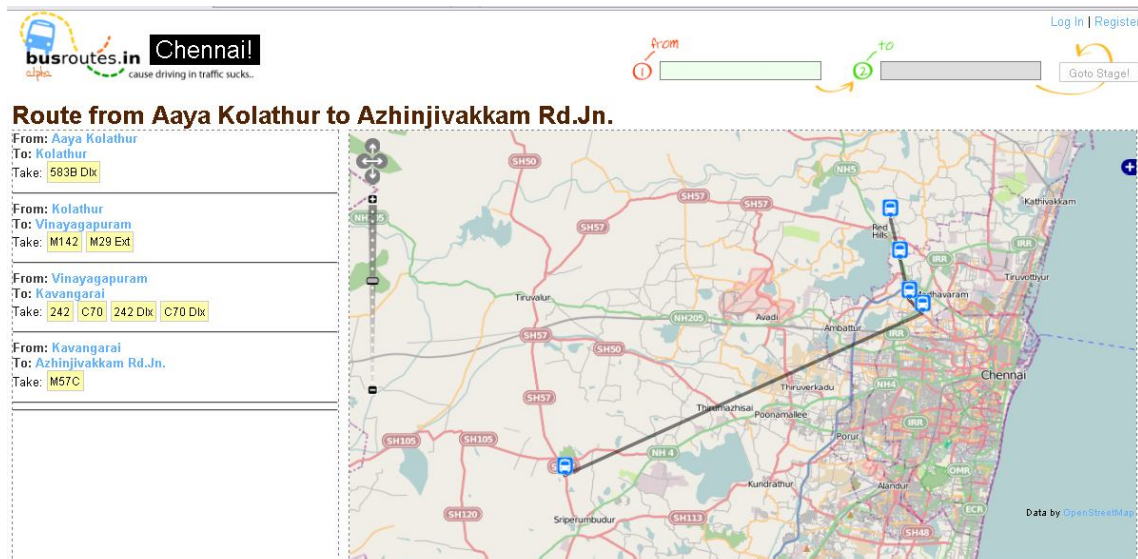


Figura 3.12: Mapa que apresenta a rota para um autocarro, através da aplicação *busroutes.in* (55).

A Universidade de *Maryland* criou uma aplicação para obter percursos pedestres no seu campus, apresentado ainda um *routing* amigável com cadeira de rodas. Na Figura 3.13 verifica-se o percurso que deve ser efetuado por indivíduos que necessitem de se deslocar de cadeira de rodas, através da seleção da opção “No Stairs” (56).

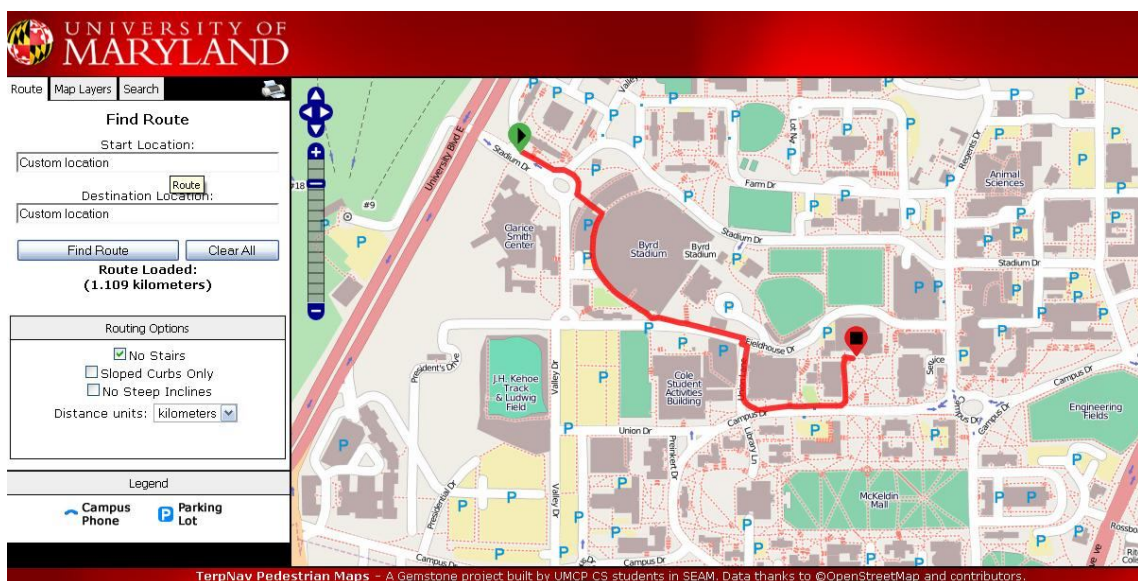


Figura 3.13: Mapa que apresenta a rota para uma cadeira de rodas na Universidade de Maryland (56).

O planeador de viagens multimodal no município de Lund, na Suécia, apresenta quatro percursos entre uma origem e um destino selecionados: pedestre, bicicleta, automóvel e transporte público. Na Figura 3.14 podem-se verificar todos os percursos e as correspondentes distâncias e tempos de viagem estimados. Os percursos pedestres e de bicicleta são apresentados com uma estimativa do número de calorias gasto. Os percursos de automóvel e de transporte público apresentam uma estimativa da quantidade de gases libertados que provocam efeito estufa (57).

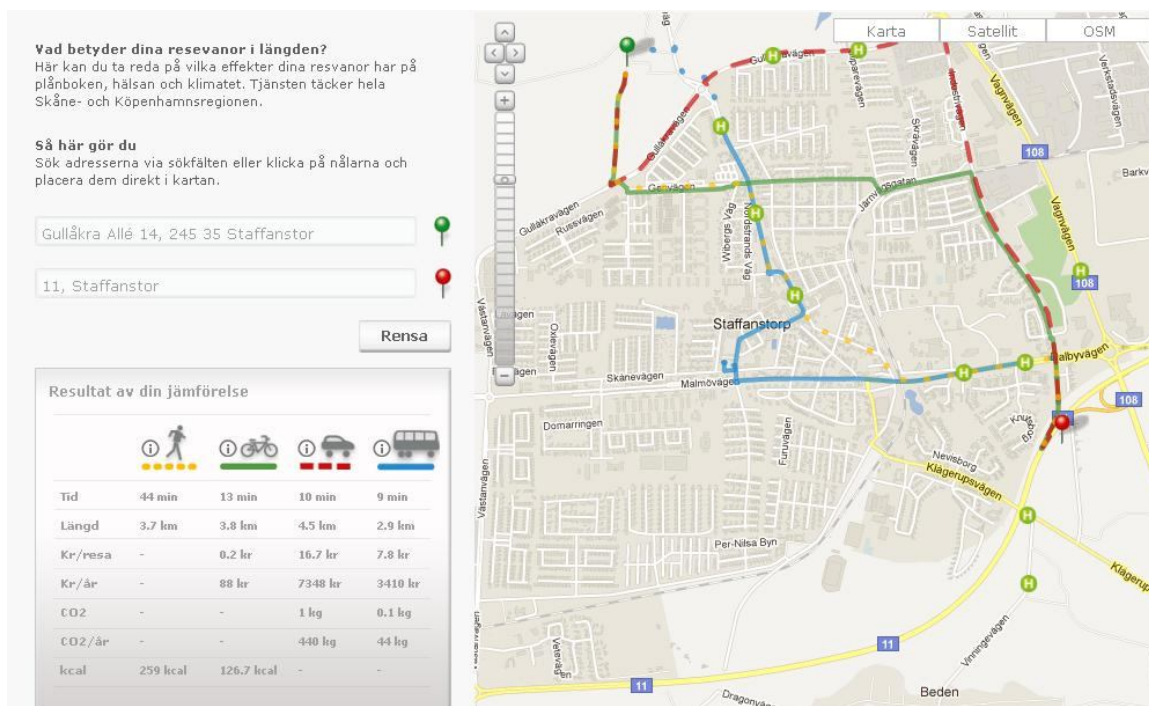


Figura 3.14: Mapa do planeador de viagens multimodal que demonstra os percursos pedestres, de bicicleta, automóvel e transporte público (57).

Outra aplicação, designada *Matatu Online*, foi desenvolvida para apresentar percursos de autocarro para na cidade de Nairobi (Figura 3.15), sendo necessário especificar a paragem inicial e final. São apresentadas também as informações de todas as paragens efetuadas, tempo e distância total estimados (58).

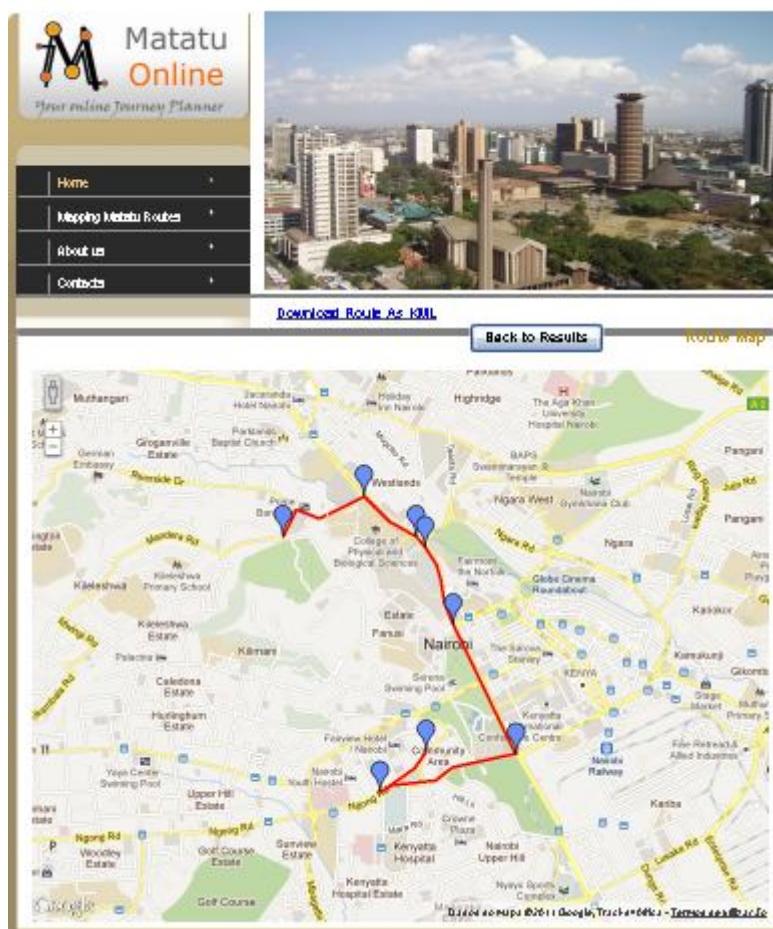


Figura 3.15: Mapa que apresenta a rota para um autocarro para a cidade de Nairobi, através da aplicação *Matatu Online* (58).

3.3.3. Mapas esquemáticos

Os dados de OSM têm também sido utilizados na construção de mapas com fins conceptuais e informativos. Um exemplo pode ser a rede de mapas de comboios na Índia, com diversas informações acerca das rotas (Figura 3.16) (59).

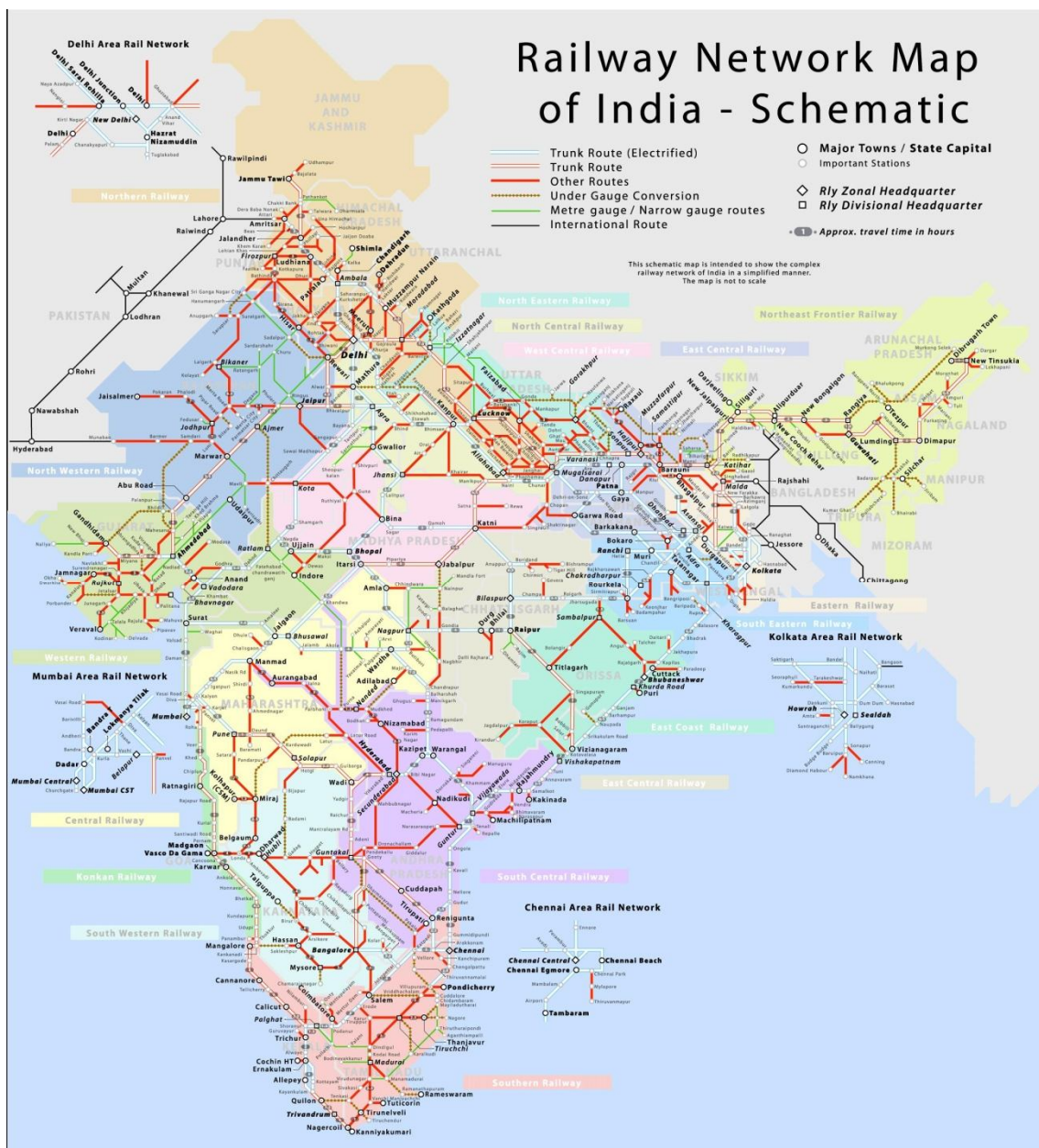


Figura 3.16: Mapa esquemático de comboios na Índia (59).

3.3.4. Planeamento/Simulações

Algumas simulações têm sido construídas como por exemplo a animação que demonstra o fluxo de bicicletas Boris em Londres. A Figura 3.17 apresenta um *printscreen* da animação que demonstra a dinâmica do uso destas bicicletas, podendo-se observar que no dia 4 de outubro de 2010 às 8 horas e 48 minutos existiam 1005 bicicletas a ser utilizadas na cidade de Londres (60).

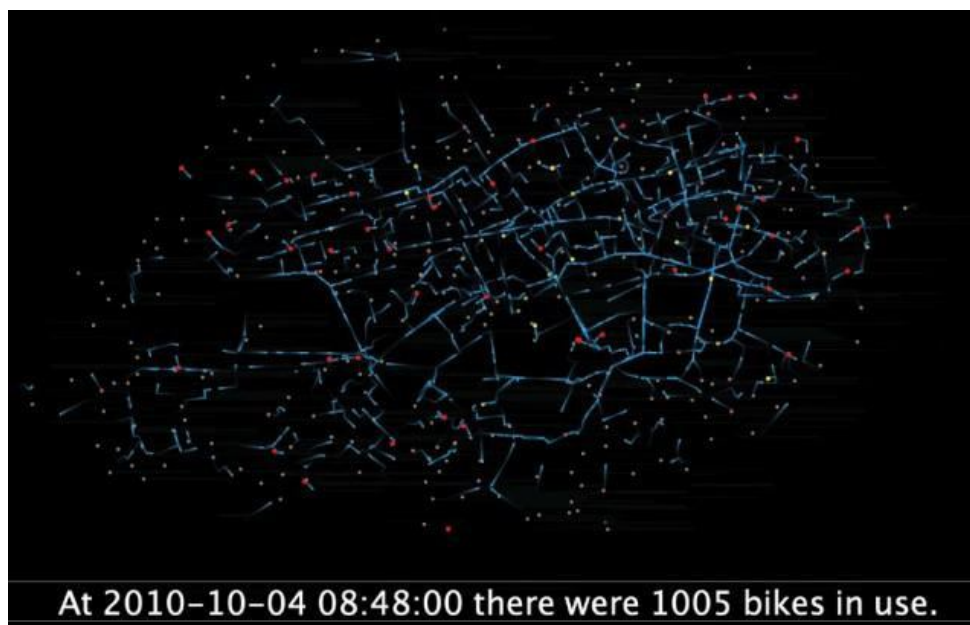


Figura 3.17: Fluxo de bicicletas Boris em Londres, usando dados de OSM (60).

3.3.5. Mapas de viagem com fator tempo

A existência de mapas de transporte e horários constitui um importante apoio às pessoas que pretendem deslocar-se usando autocarros, comboios ou outras formas de transporte público. Nesta secção vão ser apresentados alguns mapas que auxiliam na escolha do percurso a efetuar, utilizando transportes públicos (61).

3.3.5.1. Viagem de carro e de transportes públicos

O uso de transportes públicos tem vindo a crescer fortemente, tanto por questões de congestionamento, custo bem como impacto ambiental. O mapa da Figura 3.18 demonstra as áreas onde as viagens de transportes públicos são mais rápidas relativamente aos automóveis.

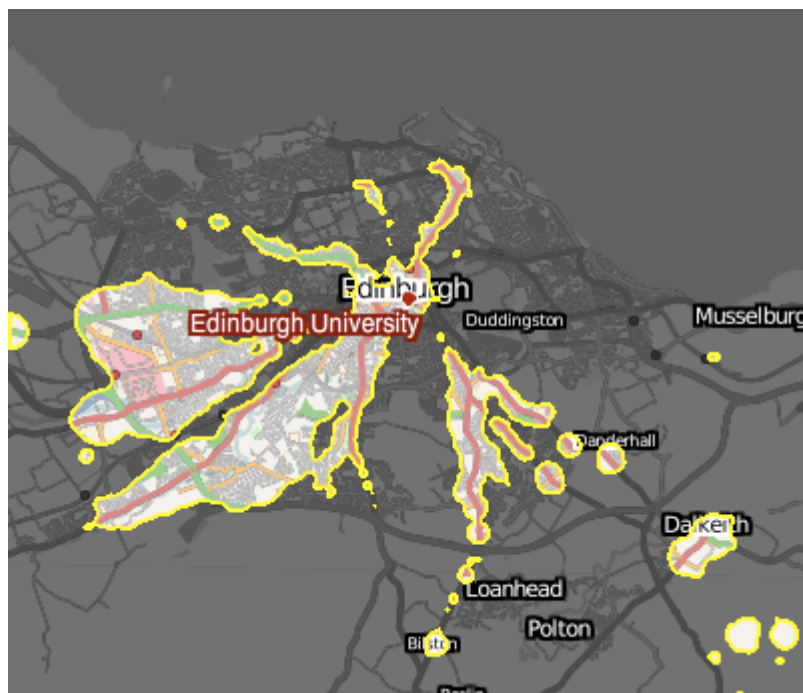


Figura 3.18: Mapa que demonstra as diferenças de velocidade para automóveis e transportes públicos (61).

As áreas do mapa a branco representam os locais onde é mais rápido usar o transporte público relativamente a automóveis, caso o destino seja Edimburgo e a viagem esteja marcada para as nove da manhã.

3.3.5.2. Viagem de comboio na Grã-Bretanha

A Figura 3.19 demonstra quanto tempo demora o percurso desde a estação Cambridge até qualquer outra estação do Reino Unido, a partir das sete horas da manhã num dia da semana. Este mapa pode ser muito útil, caso uma pessoa viva em Cambridge e pretenda passar uns dias fora sem viajar, por exemplo, mais de 4 horas.

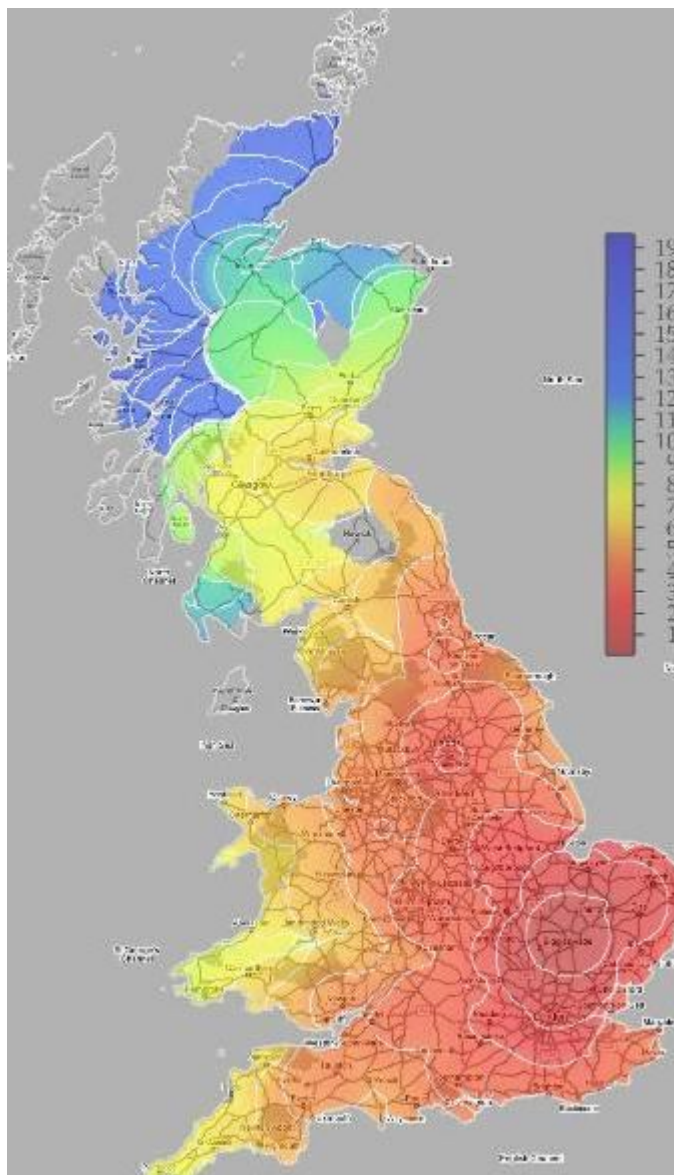


Figura 3.19: Mapa de auxílio para viagem de comboio na Grã-Bretanha (61).

As linhas de contorno brancas são desenhadas em intervalos de uma hora. A mais interior, que apresenta uma forma quase circular, mostra todos os destinos partir de Cambridge até uma hora de viagem; as concêntricas duas horas, três horas e assim consecutivamente. Alguns lugares como Leeds são mais facilmente acessíveis, sendo rodeados por pequenos contornos circulares. São geralmente designados de “ilhas” e essa acessibilidade deve-se à existência de comboios rápidos, com paragens pouco frequentes. Deste modo, representam viagens mais rápidas quando comparadas com as efetuadas em áreas circundantes, que exigem mudanças ou viagens longas em serviços mais lentos.

A escala de cores indicada no canto superior direito do mapa, representa o tempo total da viagem em horas. As cores quentes são utilizadas para indicar as viagens mais curtas de tempo (vermelho por quatro horas ou menos, laranja e amarelo viagens entre quatro e oito horas), e as cores frias para viagens mais longas. Os tempos de viagem mais longos encontram-se para destinos situados no extremo norte e oeste da Escócia, podendo ser superior a dezanove horas. As áreas que não apresentam cores, como a costa noroeste escocesa ou a zona de Hawick, não podem ser alcançadas através de via-férrea.

3.3.5.3. Transportes públicos em Londres

A Figura 3.20 representa dois mapas de Londres, um antigo e um mais recente. Trata-se de uma área densamente povoada com infraestruturas de transporte. Neste exemplo, o destino escolhido é a sede do Departamento de Transportes.

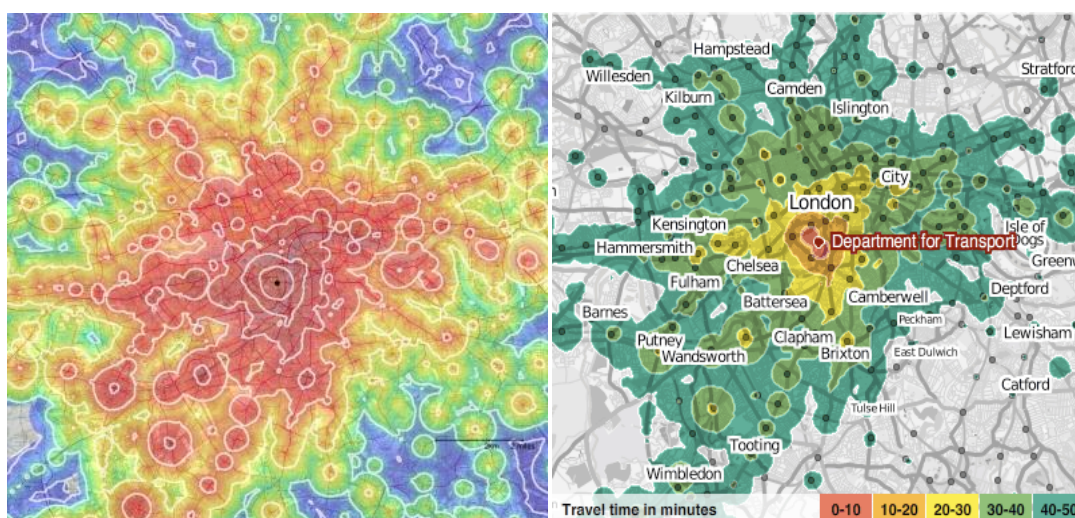


Figura 3.20: Mapa antigo e recente de Londres, respetivamente, para viagens que apresentam como destino o Departamento de Transportes às nove da manhã (61).

No mapa antigo, as linhas de contorno são representadas em intervalos de dez minutos e, uma vez mais, as cores quentes indicam viagens curtas e as frias representam viagens mais longas. Uma vez que este mapa se torna um pouco difícil de interpretar, procedeu-se a uma melhoria da sua clareza visual, trabalhando-se nas cores e texturas dos contornos.

3.3.5.4. Mapas interativos

A complexidade do *display* gráfico pode ser substancialmente reduzida, através da substituição de múltiplas linhas de contorno por um único controlo interativo. São os designados mapas interativos, tal como o que está representado na Figura 3.21.

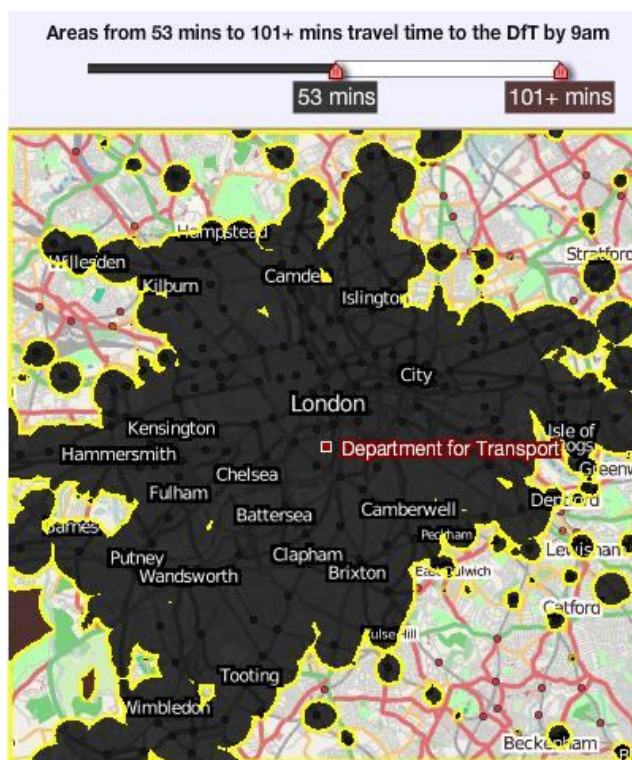


Figura 3.21: Mapa interativo de Londres (62).

Neste mapa, as áreas a preto representam todos os locais de onde se pode partir pelas 9 da manhã para chegar ao Departamento de Transportes no máximo de 53 minutos e as áreas a branco representam todos os locais cuja viagem excede o tempo referido.

Apesar da localização poder ser muito conveniente para o trabalho, as condições para viver nesse local podem não ser suficientes. Por isso, foram produzidos alguns mapas interativos que permitem aos utilizadores definir tanto o tempo máximo que está disposto a gastar em viagens como o preço médio da casa que querem ou podem pagar. Um exemplo desses mapas encontra-se representado na Figura 3.22.

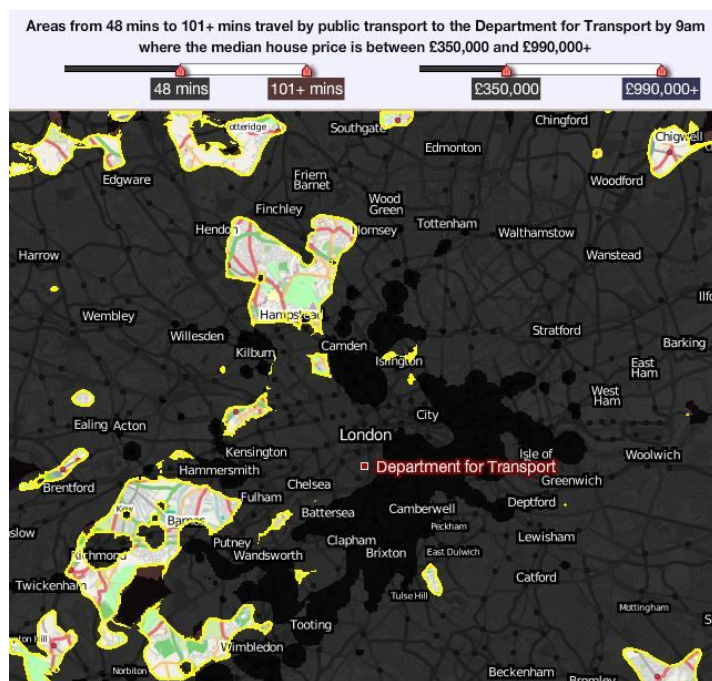


Figura 3.22: Mapa interativo de Londres com múltiplos fatores (62).

As áreas a branco representam locais onde as viagens de transporte público às nove da manhã para o Departamento de Transportes demoram mais de 48 minutos e onde os preços das moradias excedem as 350.000 libras esterlinas.

3.3.5.5. Isokron

A aplicação Isokron (Figura 3.23) permite verificar todos pontos alcançáveis de metro em 15, 30, 45 minutos e uma hora para cidades francesas. As áreas a amarelo representam as zonas que demoram menos de 15 minutos. A verde encontram-se as zonas que demoram entre 15 e 30 minutos, a azul entre 30 e 45 minutos, a castanho entre 45 minutos e 1 hora e a vermelho mais de uma hora (63).

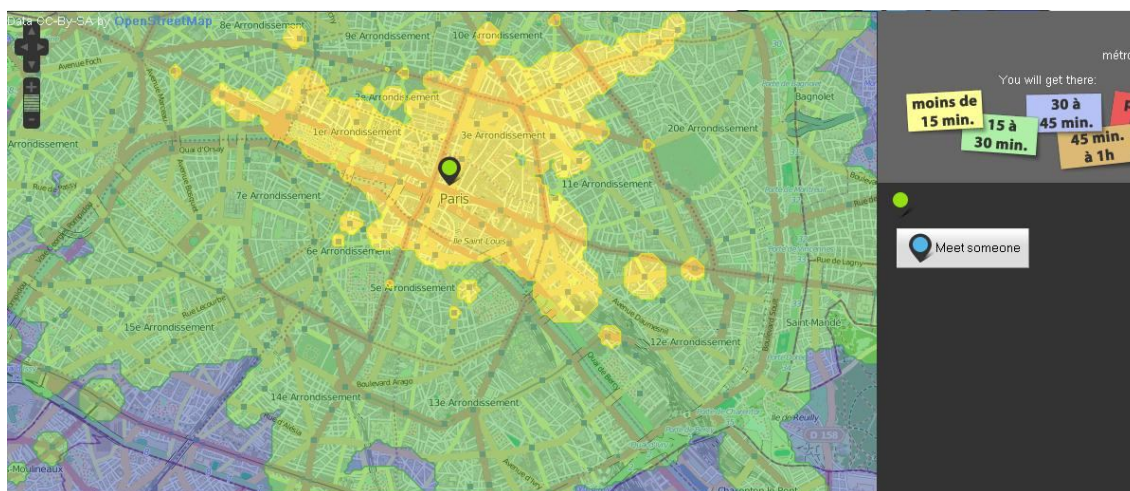


Figura 3.23: Mapa que permite verificar pontos alcançáveis de metro por unidade de tempo em Paris (63).

3.4. Software disponível

Na elaboração deste trabalho, foi necessária realizar uma pesquisa prévia acerca dos *softwares* disponíveis que trabalhem com routing e com dados provenientes de OSM, tendo-se destacado *Open Source Routing Machine* (OSRM), *Yet another OpenStreetMap Route Service* (YOURS), pgRouting e Routino.

OSRM

Trata-se uma implementação em linguagem C++ que combina sofisticados algoritmos de routing com dados livres da rede viária do projeto OSM, podendo calcular e representar a rota mais curta entre dois pontos em poucos milissegundos.

YOURS

O objetivo é disponibilizar um site que permita calcular rotas entre dois pontos distintos, utilizando dados geográficos provenientes do projeto OSM. As rotas traçadas podem ser de dois tipos: rotas mais curtas ou rotas mais rápidas. Este serviço apresenta algumas aplicações integradas como mecanismos de routing, mecanismos de indexação e OpenLayers⁶.

pgRouting

Representa uma extensão de PostGIS⁷/PostgreSQL⁸, adicionando-lhe a funcionalidade de *routing*. Trata-se de um desenvolvimento que trabalha com um conjunto de algoritmos utilizados em cálculos de distâncias. Apresenta uma ferramenta de linha de comandos, *osm2pgrouting*, que facilita a importação dos dados OSM para a base de dados pgRouting, criando automaticamente uma rede de *routing* topológica. Esta base de dados apresenta como vantagens o acesso por múltiplos clientes e o uso de um vasto conjunto de *software open source* que permita modificar dados. Contudo, existem algumas limitações relativamente ao tamanho da rede.

⁶ API desenvolvida pela *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo) para construir aplicações de mapas na Web.

⁷ Representa uma extensão do PostgreSQL, fornecendo suporte a objetos geográficos.

⁸ Poderoso *software* livre de base de dados de classe *Enterprise*, com uma arquitetura de forte reputação e fiabilidade, integridade dos dados e correção.

Routino

Esta aplicação utiliza os dados provenientes do projeto OSM para realizar routing entre uma origem e um destino especificados pelo utilizador para diferentes tipos de transporte.

Neste trabalho a escolha do *software* sobre o qual se iria trabalhar recaiu na aplicação Routino devido à sua elevada flexibilidade na parametrização. Uma vez que este trabalho se centra nos diferentes tipos de transportes utilizados pelas diversas entidades que prestam serviços de emergência e que, estes apresentam diferentes características entre si, pensou-se que esta aplicação seria a ideal para estabelecer perfis adequados a cada tipo de transporte. A atribuição desses perfis vai ter em conta a utilização de uma série de parâmetros e vai ser explicado no capítulo seguinte.

4. Routing sobre OSM

A aplicação Routino começou a ser desenvolvida em 2008 por Andrew Bishop e apresenta como objetivo encontrar uma rota ótima entre dois pontos usando um conjunto de informações topográficas recolhidas de OSM. A partir desta informação é gerada uma base de dados personalizada que, juntamente com dois pontos especificados pela latitude e longitude, possibilita determinar uma rota. A criação desta base de dados tem como objetivo reduzir a quantidade excessiva de informação disponível no ficheiro OSM original.

A aplicação permite ao utilizador selecionar diferentes tipos de transporte. Para cada tipo de transporte é atribuído um perfil, que depende de diferentes parâmetros. Esses parâmetros incluem os diferentes **tipos de vias** permitidos para o transporte selecionado, **limites de velocidade** máxima, algumas **propriedades das vias** (vias pavimentadas, linhas múltiplas, pontes, túneis, caminhos pedestres e caminhos de bicicleta) e **restrições** (vias de sentido único, *turn restrictions*, peso, altura, comprimento e largura das vias). Toda esta parametrização encontra-se descrita em ficheiros de configuração, apesar de a aplicação permitir a modificação desses valores padrão de uma forma dinâmica caso o utilizador assim o deseje.

O resultado dos cálculos das rotas pode ser apresentado de várias maneiras diferentes. Pode ser gerado um **ficheiro HTML** (*HyperText Markup Language*) que contém a descrição da rota a seguir, com instruções para cada uma das junções mais importantes. A rota encontra-se também disponível num **ficheiro GPX** (GPS eXchange) no formato XML (*Extensible Markup Language*) contendo as coordenadas de todos os pontos (*track file*) ou apenas das junções mais importantes, juntamente com instruções (*route file*). Existem ainda dois **ficheiros de texto** que contêm os dados de todos os pontos ou apenas dos mais relevantes.

O facto de a aplicação apresentar um conjunto de valores padrão e permitir modificá-los dinamicamente, torna esta aplicação extremamente flexível. Além disso, as rotas são apresentadas de uma forma extremamente rápida, devido à utilização de um formato de dados cuidadosamente escolhido e otimizado.

No âmbito do meu trabalho, decidiu-se recorrer ao uso desta aplicação devido à sua facilidade na parametrização, tendo sido realizada uma extensão para vários tipos de transporte relacionados com as entidades que prestam serviços de emergência.

4.1. Dados e programas utilizados

O Routino é composto pelos seguintes programas: o *planetsplitter*, o *router* e o *filedumper*.

Através da análise da Figura 4.1 verifica-se que o programa *planetsplitter* é responsável pela leitura do ficheiro OSM no formato XML e pela sua posterior divisão para criar a base de dados local que é utilizada no *routing*. O programa *router* executa o cálculo de rotas ótimas entre dois pontos utilizando a base de dados gerada pelo programa *planetsplitter*.

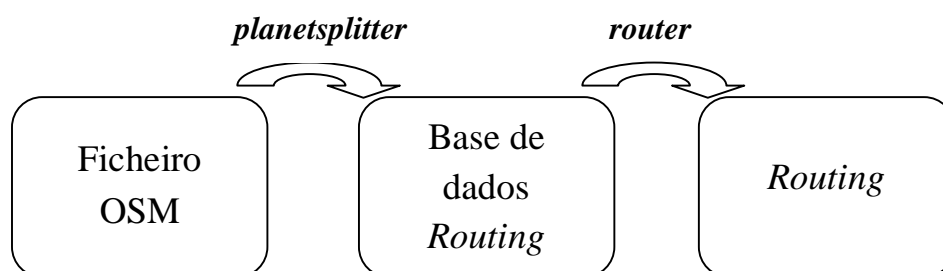


Figura 4.1: Etapas e programas envolvidos para a construção da base de dados utilizada no cálculo de *routing*.

Existe ainda o programa *filedumper* que é usado para extrair as estatísticas da base de dados e informações particulares para a visualização de dados.

Para que seja possível realizar *routing* são necessários dados. A informação recolhida do projeto OSM engloba um conjunto de informações extremamente diversificado, logo muitos dos dados não representam qualquer tipo de interesse para o *router*. As informações relevantes estão relacionadas com a localização das vias, as ligações entre elas e as suas propriedades.

A localização dos objetos é fornecida através dos nodos do projeto OSM. Contudo, são considerados úteis apenas os nodos que fazem parte das vias. A localização das vias é definida em OSM pelos *ways*. Todos os *ways* que fazem parte das vias são carregados assim como algumas *tags* necessárias para o *router*, sendo os restantes *ways* descartados. Essas *tags* estão relacionadas com o tipo de via, os limites de velocidade, os tipos de transporte permitidos, algumas propriedades e restrições das vias. As ligações entre as vias são definidas nos dados OSM pelos *ways* que partilham nodos. Quando são importados de OSM, os dados das *tags* podem ser modificados, permitindo deste modo gerar uma base de dados personalizada, contendo apenas informação relevante para o cálculo das rotas.

Os resultados apresentados podem apresentar alguns problemas que se encontram relacionados com os dados provenientes de OSM, uma vez que a qualidade de uma rota está diretamente associada à qualidade dos dados. Deste modo, existem alguns problemas que afetam o *routing*: as vias podem apresentar-se mal editadas, com propriedades incorretas; pode não apresentar *tags* importantes; as vias podem não existir porque não foram mapeadas; e podem também existir problemas em vias que devem estar juntas mas que não estão porque não partilham nodos.

4.1.1. Considerações gerais

Numa situação de emergência, a prioridade imediata passa por telefonar para as entidades que estão preparadas para responder de uma forma adequada. As situações de emergência podem ser de diversos tipos como incêndios, acidentes, tempestades, derrocadas, enchentes, entre outros. Uma vez que os números dessas entidades variam em função da região, deve ser usado preferencialmente o número nacional de socorro. Depois de recebida a chamada, a informação do acidente ou incidente é enviada para as entidades locais próximas do local dessa situação de emergência. Torna-se, por isso, imprescindível para as diferentes entidades possuir um sistema assente num mecanismo de *routing* que possibilite a chegada ao local da forma mais eficiente possível.

A aplicação selecionada para construir rotas, o Routino, baseia-se nos dados geográficos recolhidos de OSM. A *tag* utilizada para descrever uma via em OSM designa-se de ***tag highway***. Uma vez que o *router* depende dos vários tipos de vias utilizados em OSM, foi efetuada uma pesquisa sobre aquelas que são mais utilizadas para que possam ser reconhecidas pela aplicação (Tabela 4.1).

Tabela 4.1: Diferentes tipos de vias reconhecidos pelo Routino.

Tag Highway	Significado	Visualização	Representação JOSM
Motorway	Autoestrada		
Trunk	Via Rápida		

Primary	Estrada Nacional		
Secondary	Estrada Regional		
Tertiary	Estrada Municipal		
Unclassified	Estrada não-classificada		
Residential	Estrada Residencial		
Service	Estrada de Serviço		
Track	Estrada sem revestimento		
Cycleway	Pista para bicicletas		
Path	Caminho para pedestres		
Steps	Escadas		



Como se verifica através da análise da Tabela 4.1, a aplicação vai reconhecer todas as *tags highway* que apresentem os seguintes valores: *motorway*, *trunk*, *primary*, *secondary*, *tertiary*, *unclassified*, *residential*, *service*, *track*, *cycleway*, *path*, *steps* e *ferry*. Todas as *tags highway* que não apresentem qualquer um destes valores são imediatamente descartadas.

4.1.2. Veículos de emergência

Cada uma das situações de emergência acima referidas vai requerer a chamada de diferentes entidades podendo ser necessária assistência médica, transporte de vítimas para hospitais, chamada de veículos de combate a incêndios, de veículos de apoio a mergulhadores, etc. Por isso, além dos tipos de vias, o *router* depende dos tipos de transporte que podem ser utilizados. As entidades que prestam serviços de emergência utilizam um vasto número de tipos de transporte e, por isso, tiveram também de ser considerados. Assim, além dos transportes normais (Tabela 4.2), a aplicação passou a incluir um conjunto de transportes prioritários (Tabela 4.3). Todos os tipos de transporte devem apresentar uma *tag* específica, que permite que sejam carregadas para a base de dados informações relevantes de um nodo, *way* ou relação. As *tags* para os tipos de transporte normais já existem e são utilizadas frequentemente, tendo sido necessário criar as *tags* para os tipos de transporte prioritários.

Tabela 4.2: Tipos de transporte normais reconhecidos pela aplicação e respetivas *tags*.

Tipos de Transporte	Tag correspondente
Pé	foot
Cadeira-de-rodas	wheelchair
Bicicleta	bicycle
Motociclo	motorbike
Automóvel	motorcar

Tabela 4.3: Tipos de transporte prioritários reconhecidos pela aplicação e respetivas tags.

Categoria	Tag correspondente	Descrição /Funções	Veículos
Veículos com Meios Elevatórios	lift	Veículos que incorporam escada ou plataforma giratória	<ul style="list-style-type: none"> - Veículos com escada giratória - Veículos com plataforma giratória
Veículos de apoio logístico	logistic	Veículos destinado a transportar equipamento ou meios de apoio, extinção e/ou reforço	<ul style="list-style-type: none"> - Veículo de apoio a mergulhadores - Veículo de apoio alimentar - Veículo com equipamento técnico de apoio - Veículo tanque grande capacidade - Veículo tanque tático florestal - Veículo tanque tático rural - Veículo tanque tático urbano
Veículos de comando operacional	command	Veículos equipados com meios de comunicação e equipamentos diversos que permitam o reconhecimento, e/ou a coordenação e/ou o comando e controlo de operações	<ul style="list-style-type: none"> - Veículos de comando e comunicações - Veículos de comando tático - Veículo de planeamento, comando e comunicações
Veículos de socorro e assistência a doentes	amb	Veículos equipados com material especial de localização, desencarceramento e salvamento, destinado a facilitar as operações de resgate e todas as que envolvam o risco de vidas humanas e bens	<ul style="list-style-type: none"> - Ambulância de cuidados intensivos - Ambulância de socorro, ambulância de transporte de doentes - Ambulância de transporte múltiplo - Veículo de socorro e assistência médica
Veículos de socorro e combate a incêndios	firefv	Veículos de primeira intervenção equipados com bomba de incêndio, tanque de água e outros equipamentos necessários para o salvamento e combate a incêndios	<ul style="list-style-type: none"> - Veículo especial de combate a incêndios - Veículo florestal de combate a incêndios - Veículo ligeiro de combate a incêndios - Veículo rural de combate a incêndios

			- Veículo urbano de combate a incêndios
Veículos de transporte de pessoal	personal	Veículo equipado com meios de comunicação e equipamento diverso que permita o reconhecimento, e/ou a coordenação e/ou o comando e controlo de operações	- Veículo de transporte de pessoal geral - Veículo de transporte de pessoal tático.
Motas INEM	motorbikeinem	Veículos equipados com material especial de salvamento, destinado a facilitar todas as operações que envolvam o risco de vidas humanas.	

Na Tabela 4.3 verifica-se que existem vários veículos associados a uma categoria. Esta categorização deve-se à existência de vários veículos prioritários com características muito semelhantes e que desempenham funções idênticas e, por isso, considerou-se desnecessário criar perfis repetidos.

Cada uma das categorias criadas vai apresentar perfis distintos, que se vão basear na atribuição de diferentes parâmetros. Relativamente aos parâmetros que definem os perfis associados a cada tipo de transporte, neste trabalho foi necessário realizar um levantamento sobre os mais importantes a serem utilizados pelo *router*, sendo considerados os **tipos de vias** e **velocidades** permitidos para cada tipo de transporte, as **propriedades** e as **restrições** das vias.

No que diz respeito aos tipos de vias permitidos, cada tipo de transporte vai apresentar diferentes preferências, sendo atribuídos pesos (em percentagem) para cada uma das vias. Foram também impostos limites de velocidade para cada via, para todos os tipos de transporte.

Uma via pode apresentar diversas informações associadas, sendo algumas delas relevantes para o *router*. Deste modo, algumas dessas propriedades das vias tiveram de ser consideradas, como o facto de uma via estar ou não pavimentada, a existência de pistas múltiplas numa via, de pontes, túneis, caminhos pedestres e de bicicleta. A todas estas propriedades vão ser atribuídos diferentes pesos (em percentagem) de acordo com o tipo de transporte.

As restrições associadas às vias representam também um parâmetro muito importante e, por isso, tiveram de ser abrangidas no âmbito deste trabalho. Deste modo, foram consideradas vias de sentido único, *turn restrictions* (sentidos de obrigatoriedade) e, ainda, altura, peso, comprimento e largura das vias.

Um outro ponto muito importante consiste na adição de **barreiras**. Esta consideração assume uma importância fulcral, pois a existência de barreiras pode condicionar a passagem de determinados tipos de transporte e, conseqüentemente, modificar o percurso a ser efetuado pelos mesmos. Deste modo, procedeu-se a um levantamento das barreiras mais importantes que influenciam o cálculo realizado pelo router.

A aplicação deve apresentar a sua interface e informações relativamente às rotas na língua portuguesa (Figura 4.2).

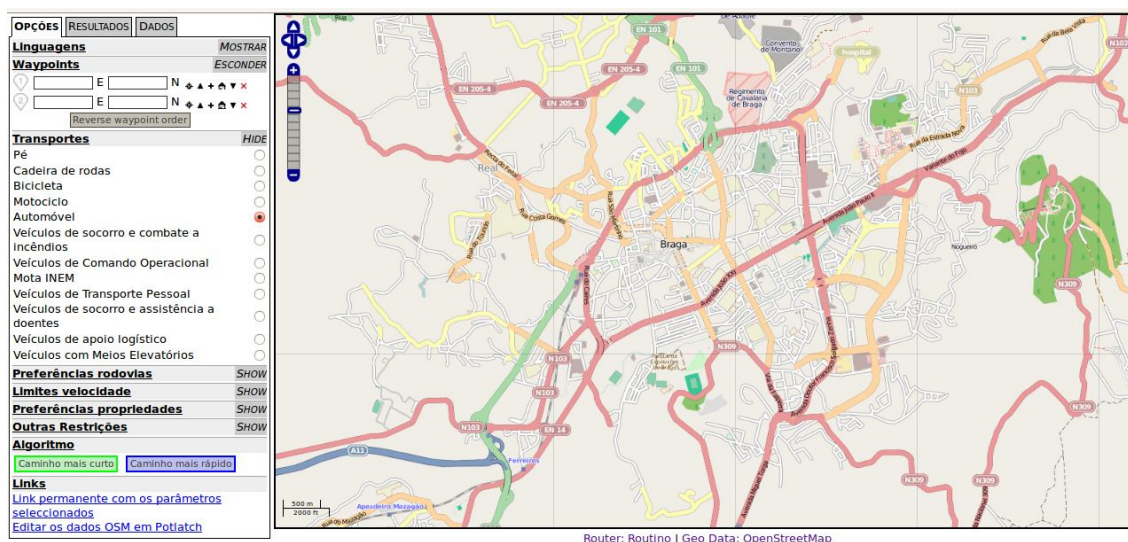


Figura 4.2: Interface da aplicação Routino.

Na secção que se segue vão ser explicadas as *tags* associadas aos parâmetros que influenciam o *router*, as *tags* reconhecidas e modificadas pela aplicação, o modo como foram construídos os perfis para os diferentes tipos de transporte e, ainda, os diferentes formatos de saída existentes no cálculo de rotas.

4.2. Ficheiros de configuração

No âmbito deste trabalho foram utilizados diferentes ficheiros de configuração no formato XML, com o objetivo de fornecer informações adicionais aos programas utilizados pelo Routino. Os ficheiros de configuração utilizados foram o *tagging.xml* para o programa *planetsplitter* e os ficheiros *profiles.xml* e *translations.xml* para o

programa *router*. Cada um dos ficheiros utiliza um **Schema XML** personalizado para a definição de regras de validação, tendo-se criado, por isso, um ficheiro XSD para cada um dos ficheiros no formato XML.

4.2.1. Regras de *Tagging*

Neste trabalho foi criado um ficheiro de configuração designado *tagging.xml*, responsável por apresentar diferentes regras de *tagging*, ou seja, regras que permitem a modificação de *tags highway* do ficheiro OSM original para que o *router* apenas considere um simples conjunto de *tags*.

Neste ficheiro, todas as regras apresentam o mesmo formato, usando um elemento *if* para corresponder à entrada e elementos *set* ou *output* para modificar as *tags* de entrada ou criar uma *tag* de saída, respetivamente. Os atributos *k* e *v* presentes neste ficheiro de configuração apresentam o mesmo significado que no ficheiro OSM no formato XML, ou seja, uma *tag key* e uma *tag value* respetivamente. Uma regra que apresente os atributos *k* e *v* especificados apenas é aplicada se no ficheiro original existir uma correspondência com uma *tag* que apresente esses dois atributos. Se uma regra apresentar apenas o atributo *k*, esta apenas vai ser aplicada caso exista uma *tag* com essa *key*. Se apenas o atributo *v* for especificado, a regra vai ser aplicada a todas as *tags* que apresentem esse valor.

Nesta secção vão ser explicadas as *tags* associadas aos parâmetros referidos na secção anterior “Considerações Gerais”. Para isso, vão ser descritas as *tags* que são reconhecidas pelo *Routino* bem como as modificações que ocorrem nas mesmas, através do uso das regras acima referidas. As *tags* utilizadas pelo *Routino* podem estar relacionadas com nodos, *ways* e relações.

4.2.1.1. *Tags* reconhecidas e modificadas nos nodos

Uma *tag* é reconhecida para cada um dos diferentes modos de transporte: *foot*, *wheelchair*, *bicycle*, *motorbike*, *motorcar*, *firefv*, *command*, *motorbikeinem*, *personal*, *amb*, *logistic* e *lift*. Essa *tag* indica se o tipo de transporte pode ou não passar no nodo. Por defeito, assume-se que todos os tipos de transporte podem passar através de um nodo, sendo necessário usar regras específicas caso se pretenda que essas permissões sejam removidas.

Neste ficheiro de configuração são efetuadas algumas modificações nos nodos relativamente ao uso de barreiras e às condições de acesso de cada tipo de transporte.

A *tag* utilizada para definir uma barreira designa-se *tag barrier*. Por defeito assume-se que qualquer tipo de transporte pode passar todo o tipo de barreiras, devendo-se especificar aqueles que se pretende que não a passem. O Código 4.1. representa um exemplo de como as regras são aplicadas às barreiras no ficheiro de configuração.

Código 4.1: Regra *tagging* aplicada a uma barreira do tipo bollard.

```
<if k="barrier" v="bollard">
  <output k="wheelchair" v="no"/>
  <output k="bicycle" v="no"/>
  <output k="motorbike" v="no"/>
  <output k="motorcar" v="no"/>
  <output k="firefv" v="no"/>
  <output k="command" v="no"/>
  <output k="motorbikeinem" v="no"/>
  <output k="personal" v="no"/>
  <output k="amb" v="no"/>
  <output k="logistic" v="no"/>
  <output k="lift" v="no"/>
  <unset k="barrier"/>
</if>
```

Pode-se verificar que os tipos de transporte *wheelchair*, *bicycle*, *motorbike*, *motorcar*, *firefv*, *command*, *motorbikeinem*, *personal*, *amb*, *logistic* e *lift* não podem passar numa barreira do tipo *bollard*. Tal só é possível para o tipo de transporte *foot*, uma vez que não se encontra especificado. Como existem diferentes barreiras que podem apresentar as mesmas permissões de acesso, procedeu-se à construção de uma regra que permite modificar o valor de uma barreira, tal como evidencia o Código 4.2.

Código 4.2: Regra de *tagging* que permite modificar o valor de uma barreira.

```
<if k="barrier" v="kissing_gate">
  <set v="foot_only"/>
</if>
```

Através da análise do código constata-se que o valor *kissing_gate* de uma vai ser modificado para *foot_only*, sendo de seguida especificadas as permissões para este novo valor da barreira, tal como demonstra o Código 4.3. A utilização deste tipo de regra revela-se extremamente útil pois existem várias barreiras que apresentam as mesmas

condições de acesso e, deste modo, não é necessário especificar para todas as barreiras os tipos de transporte cuja passagem não é permitida.

Código 4.3: Regra tagging aplicada a uma barreira do tipo *foot_only*.

```
<if k="barrier" v="foot_only">
    <output k="wheelchair" v="no"/>
    <output k="bicycle" v="no"/>
    <output k="motorbike" v="no"/>
    <output k="motorcar" v="no"/>
    <output k="firefv" v="no"/>
    <output k="command" v="no"/>
    <output k="motorbikeinem" v="no"/>
    <output k="personal" v="no"/>
    <output k="amb" v="no"/>
    <output k="logistic" v="no"/>
    <output k="lift" v="no"/>
    <unset k="barrier"/>
</if>
```

Além de *bollard* e *kissing_gate* existem outras barreiras que só permitem a passagem a pé, passando a ser designadas de *foot_only*. As Tabelas 4.4 e 4.5 apresentam todas as barreiras consideradas no Routino para os tipos de transporte normais e prioritários, respetivamente. O valor *yes* significa que o tipo de transporte pode passar pela barreira e o valor *no* significa o oposto.

Tabela 4.4: Tipos de Transporte normais através de diferentes tipos de barreiras

Barrier	Foot	Wheelchair	Bycycle	Motorbike	Motorcar
bollard	yes	no	no	no	no
kissing_gate	yes	no	no	no	no
stile	yes	no	no	no	no
turnstile	yes	no	no	no	no
footgate	yes	no	no	no	no
cycle_barrier	yes	no	no	no	no
car_trap	yes	yes	yes	no	no
block	no	no	no	no	no

Tabela 4.5: Tipos de Transporte prioritários através de diferentes tipos de barreiras

Barrier	firefv	command	motorbikeinem	personal	amb	Logistic	lift
bollard	no	no	No	no	no	no	no
kissing_gate	no	no	No	no	no	no	no
stile	no	no	No	no	no	no	no
turnstile	no	no	No	no	no	no	no
footgate	no	no	No	no	no	no	no
cycle_barrier	no	no	No	no	no	no	no
car_trap	no	no	No	no	no	no	no
block	no	no	No	no	no	no	no

A barreira que apresenta o valor *car_trap* é utilizada para impedir o acesso a todo o tipo de veículos motorizados, sendo apenas permitido o acesso pedonal, a cadeira de rodas e de bicicleta. Quando existe uma barreira com valor *block* significa que não vai ser permitida a passagem a nenhum tipo de transporte. Para todas as outras barreiras é permitida apenas a passagem pedonal.

Relativamente às permissões de acesso, existe uma *tag* no OSM que se designa *tag access*, que pode apresentar diversos valores. No Código 4.4 pode-se verificar que os valores *designated*, *permissive*, *destination*, *true*, *public* e *official* passam a ser reconhecidos como *yes*. Isto vai fazer com que a aplicação possa reconhecer essas *tags* de acesso. Um valor do tipo *private* passa a ser designado como *no*.

Código 4.4: Regra *tagging* utilizada para modificar o valor associado à *tag access* para *yes*.

```
<if v="designated" ><set v="yes"/></if>
<if v="permissive" ><set v="yes"/></if>
<if v="destination"><set v="yes"/></if>
<if v="true" ><set v="yes"/></if>
<if v="public" ><set v="yes"/></if>
<if v="official" ><set v="yes"/></if>

<if v="private" ><set v="no"/></if>
```

No caso de um utilizador especificar valores para a *tag access* que não sejam reconhecidos pelo Routino, nenhum dos tipos de transporte vai ser permitido para o nodo, como demonstra a regra evidenciada no Código 4.5

Código 4.5: Regra de *tagging* utilizada para designar restrições aos tipos de transporte quando a *tag access* não apresenta valores reconhecidos pelo Routino.

```
<if k="access">
  <set k="noaccess" v="yes"/>
</if>

<if k="access" v="yes">
  <set k="noaccess" v="no"/>
</if>

<if k="noaccess" v="yes">
  <output k="foot" v="no"/>
  <output k="wheelchair" v="no"/>
  <output k="bicycle" v="no"/>
  <output k="motorbike" v="no"/>
  <output k="motorcar" v="no"/>
  <output k="firefv" v="no"/>
  <output k="command" v="no"/>
  <output k="motorbikeinem" v="no"/>
  <output k="personal" v="no"/>
  <output k="amb" v="no"/>
  <output k="logistic" v="no"/>
  <output k="lift" v="no"/>
</if>
```

4.2.1.2. *Tags reconhecidas e modificadas nos ways*

As *tags* relacionadas com *ways* são as que oferecem mais informações para o *routing*. A *tag highway* representa a *tag* mais importante de um *way*, definindo o tipo de via que representa. Qualquer *way* que não apresente uma *tag highway* é descartada. Como já foi mencionado, apesar de existir um conjunto muito vasto de *tags highway* o *router* apenas utiliza um subconjunto: *motorway*, *trunk*, *primary*, *secondary*, *tertiary*, *unclassified*, *residential*, *service*, *track*, *cycleway*, *path*, *steps* e *ferry*. Uma *tag* é reconhecida para cada um dos diferentes modos de transporte: *foot*, *wheelchair*, *bicycle*, *motorbike*, *motorcar*, *firefv*, *command*, *motorbikeinem*, *personal*, *amb*, *logistic* e *lift*. Essa *tag* indica se o tipo de transporte pode ou não passar nessa via.

As *tags name* e *ref* são usadas para fornecer um rótulo às vias quando os resultados são impressos ao utilizador.

A *tag multilane* é usada para identificar se uma via apresenta pistas múltiplas. A *tag paved* serve para identificar se uma via se encontra ou não pavimentada. A *tag bridge* é usada para verificar se uma via é uma ponte e a *tag tunnel* para identificar se é um túnel. As *tags footroute* e *bicycleroute* são usadas para identificar se uma via faz,

respetivamente, parte de um caminho pedestre ou de bicicleta. Todas estas *tags* definem as propriedades das vias utilizadas pelo Routino.

A *tag oneway* é usada para especificar que apenas é permitido um só sentido na via. A *tag maxspeed* é usada para atribuir limites de velocidade para as vias, sendo medido em km/h. A *tag maxweight* representa o maior peso permitido numa via em toneladas, isto é, especifica o peso máximo para qualquer tipo de transporte nessa via. A *tag maxheight* é usada para especificar a altura máxima de qualquer tráfego numa via em metros, definindo assim a altura máxima permitida. A *tag maxwidth* serve para definir a largura máxima e a *tag maxlength* é utilizada para representar o comprimento máximo em metros.

As *tags name* e *ref*, *oneway*, *maxspeed*, *maxweight*, *maxheight*, *maxwidth* e *maxlength* são copiadas diretamente do ficheiro original sem modificações, tal como evidencia o Código 4.6.

Código 4.6: Regras que permitem que *tags* sejam copiadas diretamente sem modificação do ficheiro original.

```
<if k="paved" ><output/></if>
<if k="multilane"><output/></if>
<if k="oneway"><output/></if>

<if k="maxspeed"><output/></if>
<if k="maxweight"><output/></if>
<if k="maxheight"><output/></if>
<if k="maxwidth" ><output/></if>
<if k="maxlength"><output/></if>
<if k="name"><output/></if>
<if k="ref" ><output/></if>
```

Neste ficheiro de configuração são efetuadas algumas modificações nas vias, sendo definidos os tipos de vias padrão, as permissões de acesso para os vários tipos de transporte e as propriedades das vias. Por defeito assume-se que nenhum tipo de transporte pode passar por qualquer via e o acesso deve ser especificado para permitir cada tipo de transporte.

Apesar de existir uma *tag route* com o valor *ferry* em OSM, não existe uma *highway* com esse valor. Deste modo, procedeu-se à construção da regra presente no Código 4.7 para criar uma *highway* com o valor *ferry*.

Código 4.7: Regra de tagging para criar uma highway com o valor ferry.

```
<if k="route" v="ferry">
  <output k="highway" v="ferry"/>
</if>
```

Neste trabalho os tipos de transporte vão apresentar diferentes acessos, de acordo com o tipo de vias (*highways*). Nas Tabelas 4.6 e 4.7 estão representados, respetivamente, os tipos de transporte normais e prioritários que são permitidos nos vários tipos de vias reconhecidas pelo Routino.

Tabela 4.6: Tipos de transporte normais permitidos para diferentes tipos de vias.

Highway	Foot	Wheelchair	Bycycle	Motorbike	Motorcar
motorway	no	no	no	Yes	yes
trunk	yes	yes	yes	Yes	yes
primary	yes	yes	yes	Yes	yes
secondary	yes	yes	yes	Yes	yes
tertiary	yes	yes	yes	Yes	yes
unclassified	yes	yes	yes	Yes	yes
residential	yes	yes	yes	Yes	yes
service	yes	yes	yes	Yes	yes
track	yes	yes	yes	Yes	yes
cycleway	yes	yes	yes	No	no
path	yes	yes	yes	No	no
steps	yes	no	no	No	no
ferry	yes	yes	yes	Yes	yes

Tabela 4.7: Tipos de transporte prioritários permitidos para diferentes tipos de vias.

Highway	firefv	command	motorbikeinem	personal	amb	Logistic	lift
motorway	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
trunk	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
primary	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
secondary	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
tertiary	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
unclassified	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
residential	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
service	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
track	yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes

cycleway	no	no	no	no	no	no	no
path	no	no	no	no	no	no	no
steps	no	no	no	no	no	no	no
ferry	no	no	no	no	no	no	no

Para se especificar os tipos de transporte que são permitidos numa *highway*, é utilizada uma regra no ficheiro de configuração como a que se encontra no Código 4.8.

Código 4.8: Tipos de transporte permitidos para uma *highway* do tipo *motorway*.

```
<if k="highway" v="motorway">
  <output k="highway" />

  <output k="motorbike"          v="yes" />
  <output k="motorcar"           v="yes" />
  <output k="firefv"             v="yes" />
  <output k="command"            v="yes" />
  <output k="motorbikeinem"      v="yes" />
  <output k="personal"           v="yes" />
  <output k="amb"                 v="yes" />
  <output k="logistic"           v="yes" />
  <output k="lift"                v="yes" />

  <output k="paved"              v="yes" />
  <output k="multilane"          v="yes" />
  <output k="oneway"             v="yes" />
</if>
```

Deste modo, a aplicação passou a reconhecer as vias com os valores *motorway*, *trunk*, *primary*, *secondary*, *tertiary*, *unclassified*, *residential*, *service*, *track*, *cycleway*, *path*, *steps* e *ferry* para os diferentes tipos de transporte, com diferentes condições de acesso. Por exemplo, os tipos de transporte *foot*, *wheelchair* e *bicycle* não apresentam acesso para uma via como valor *motorway*. Neste trabalho foi realizada uma conversão de *tags highway* para valores reconhecidos pelo Routino. Uma vez que existem diferentes vias que apresentam semelhanças entre si, criou-se a uma regra para efetuar a transformação de *tags* que possam ser reconhecidas, tal como demonstra o exemplo do Código 4.9.

Código 4.9: Transformação da tag *highway* com o valor *motorway_link* para *motorway*.

```
<if k="highway" v="motorway_link">
  <set v="motorway" />
</if>
```


Deste modo, uma *highway* do tipo *motorway_link* passa a ser reconhecida como *motorway*. Na Tabela 4.8 podem-se verificar todas as transformações efetuadas nas tags *highway* originais.

Tabela 4.8: Transformação de tipos de *highway* equivalentes.

Tag Original	Tag transformada
bridleway	path
byway	track
footway	path
living_street	residential
minor	unclassified
pedestrian	path
road	unclassified
services	service
unsurfaced	track
unpaved	track
walkway	path
motorway_link	motorway
trunk_link	trunk
primary_link	primary
secondary_link	secondary
tertiary_link	tertiary

As transformações observadas na tabela permitem que vias semelhantes (mas com valores diferentes) possam ser tratadas pela aplicação da mesma forma. No Código 4.8 a tag *motorway* apresenta três propriedades associadas: *paved*, *multilane* e *oneway*. Isto significa que uma *highway* do tipo *motorway* é considerada pavimentada, com pistas múltiplas e de sentido único. Da mesma forma, foi atribuído para as diferentes vias algumas propriedades padrão, descritas na Tabela 4.9. Esta consideração baseia-se no facto de os utilizadores de OSM nem sempre colocarem informações relativas a estas propriedades, que são fundamentais para o cálculo de *routing*.

Tabela 4.9: Propriedades para os diferentes tipos de vias.

Tag Highway	Propriedades
motorway	paved, multilane, oneway
trunk	paved
primary	paved
secondary	paved
tertiary	paved
unclassified	paved
residential	paved
service	paved
track	paved ⁹
cycleway	paved
path	paved ¹⁰

Através da análise da Tabela 4.9 verifica-se que todas as vias passam a ser reconhecidas como pavimentadas. Contudo, se no ficheiro OSM original existir a informação que uma via com o valor *trunk*, por exemplo, não é pavimentada, essa informação irá prevalecer. Isto significa que os valores padrão apenas são reconhecidos quando não existe informação proveniente dos dados OSM. As vias com os valores *motorway* além de pavimentadas são todas de sentido único e apresentam pistas múltiplas, sendo assim essas informações definidas nos padrões. Relativamente às vias com o valor *track*, estas apenas serão consideradas pavimentadas caso seja adicionada uma *tag tracktype=grade1*, tal como demonstra o Código 4.10.

Código 4.10: Regra *tagging* para modificar a pavimentação.

```
<if k="tracktype" v="grade1">
  <output k="paved" v="yes" />
</if>
```

Normalmente as vias com o valor *track* não apresentam qualquer tipo de pavimento. Contudo, podem existir situações em que o piso dessas vias se encontre pavimentado e para indicar isso deve-se adicionar uma *tag* adicional *tracktype=grade1*.

⁹ Uma via do tipo *track* só estará pavimentada caso exista uma *tag* adicional *tracktype=grade1*

¹⁰ Uma via do tipo *path* só estará pavimentada se originalmente existir uma *tag highway=pedestrian* ou *highway=walkway*

Uma *highway* do tipo *path* apenas estará pavimentada se originalmente apresentar uma *tag highway=pedestrian* ou *highway=walkway* (Código 4.11).

Código 4.11: Regra para atribuir propriedades a highways do tipo path.

```
<if k="highway" v="pedestrian">
  <set k="highway" v="path"/>

  <output k="paved" v="yes"/>
</if>

<if k="highway" v="walkway">
  <set k="highway" v="path"/>

  <output k="paved" v="yes"/>
</if>
```

As rotundas constituem um ponto fulcral neste trabalho, sendo inseridas através da *tag junction* com o valor *roundabout*. Para um cálculo eficaz de *routing* as rotundas devem ser consideradas de sentido único e, por isso, foi criada a regra do Código 4.12.

Código 4.12: Regra de tagging para atribuir a propriedade de sentido único a uma rotunda.

```
<if k="junction" v="roundabout">
  <output k="oneway" v="yes"/>
</if>
```

Como já foi referido, um utilizador de OSM pode especificar se uma via se encontra ou não pavimentada, através do uso da *tag surface*. Uma via é considerada pavimentada se apresentar uma *tag surface* com algum dos valores da Tabela 4.10.

Tabela 4.10: Tags que definem se uma via é pavimentada.

Tag surface	Significado
paved	pavimentada
concrete	betão
cement	cimento
asphalt	asfalto
tarmac	macadame
metalled	metalizado
paving_stones	paralelos
bricks	tijolos

Como se verifica uma via é considerada pavimentada caso apresente um dos seguintes valores: *paved*, *concrete*, *cement*, *asphalt*, *tarmac*, *metalled*, *paving_stones* ou *bricks*. Uma via pode também ser considerada não pavimentada caso a *tag surface* apresente um dos valores da Tabela 4.11.

Tabela 4.11: Tags que definem se uma via não é pavimentada.

Tag surface	Significado
unpaved	não pavimentada
grass	erva
ground	terra
earth	terra
dirt	barro
soil	terra
mud	lama
stones	pedras
gravel	cascalho
sand	areia
cobblestone	carvão
pebbles	seixos

Através da análise da tabela, verifica-se que uma via será considerada não pavimentada quando apresentar os valores: *unpaved*, *grass*, *ground*, *earth*, *dirt*, *soil*, *mud*, *stones*, *gravel*, *sand*, *cobblestone* ou *pebbles*. O Código 4.13 apresenta um exemplo de como as *tags surface* são consideradas pavimentadas e não pavimentadas; a via estará pavimentada se for colocado o valor *sealed* e não pavimentada se apresentar o valor *soil*.

Código 4.13: Exemplos de regras de tagging para uma tag surface ser considerada pavimentada e não pavimentada.

```
<if k="surface" v="sealed">
  <set k="paved" v="yes"/>
  <unset k="surface"/>
</if>

<if k="surface" v="soil">
  <set k="paved" v="no"/>
  <unset k="surface"/>
</if>
```

A *tag lanes* é usada para identificar se uma *highway* apresenta pistas múltiplas, sendo apenas importante saber se apresenta mais do que uma pista (Código 4.14).

Código 4.14: Regra de tagging que define se uma via apresenta mais do que uma pista.

```
<if k="lanes">
  <set k="multilane" v="yes"/>
</if>

<if k="lanes" v="1">
  <set k="multilane" v="no"/>
</if>
```

Uma via apresenta uma ponte quando é especificado um dos valores representados no Código 4.15. A presença de túneis numa via está relacionada com a existência do valor *underpass* para a *tag tunnel* (Código 4.16).

Código 4.15: Regras para designar o valor yes para vários tipos de bridge

```
<if k="bridge" v="arch"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="bascule"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="drawbridge"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="footbridge"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="gangway"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="humpback"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="lifting"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="stepping_stones"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="suspension"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="swing"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="viaduct"> <set v="yes"/></if>

<if k="bridge"><output/></if>
```

Código 4.16: Regras para designar o valor yes para um tipo de túnel.

```
<if k="tunnel" v="underpass"> <set v="yes"/></if>

<if k="tunnel"><output/></if>
```

4.2.1.3. Tags reconhecidas e modificadas nas relações

Em OSM existe a *tag route* que é utilizada para associar diferentes tipos de vias e construir um determinado percurso. Neste trabalho foram construídas as *tags footroute* e *bicycleroute*, que designam um percurso pedestre ou de bicicleta, respetivamente. Estes percursos podem apresentar diferentes tipos de vias. Através da análise do Código 4.17

pode-se verificar as transformações que ocorrem nas *tags route*, passando a ser reconhecidas com os valores *footroute* e *bicycleroute*.

Código 4.17: Regras de transformação de tags route.

```
<if k="route" v="foot">
  <output k="footroute" v="yes"/>
</if>

<if k="route" v="walking">
  <output k="footroute" v="yes"/>
</if>

  <if k="route" v="hiking">
    <output k="footroute" v="yes"/>
  </if>

<if k="route" v="foot;bicycle">
  <output k="footroute" v="yes"/>
  <output k="bicycleroute" v="yes"/>
</if>

<if k="route" v="bicycle;foot">
  <output k="footroute" v="yes"/>
  <output k="bicycleroute" v="yes"/>
</if>

<if k="route" v="bicycle">
  <output k="bicycleroute" v="yes"/>
</if>
```

As propriedades das *tags footroute* e *bicycleroute* são aplicadas para as vias que compõem essa relação. As transformações *tag* que são aplicadas para as relações *route* são definidas na Tabela 4.12.

Tabela 4.12: Tags formadas a partir das transformações ocorrida na tag route.

Tag Route	Tag footroute	Tag bicycleroute
foot	Yes	No
walking	Yes	No
hiking	Yes	No
bicycle	No	Yes
bicycle; foot foot; bicycle	yes	Yes

A **tag restriction** é copiada do ficheiro original sem modificação (Código 4.18).

Código 4.18: Regras para as tags *restriction*.

```
<if k="restriction">  
  <output/>  
</if>
```

4.2.2. Definição de perfis

A definição de perfis é efetuada através de um ficheiro de configuração que se designa *profiles.xml*, permitindo uma fácil modificação dos parâmetros de *routing* associados a cada tipo de transporte. Deste modo, os parâmetros padrão necessários para *routing* não necessitam de estar contidos no código fonte. A existência deste ficheiro faz com que seja desnecessário especificar esses parâmetros na linha de comandos.

Os parâmetros especificados neste ficheiro para cada tipo de transporte são as preferências pelos diferentes tipos de vias, limites de velocidade para cada via permitida, as preferências pelas propriedades das vias que são reconhecidas pela aplicação e ainda algumas restrições. As preferências pelos diferentes tipos de vias e as suas propriedades são especificadas através de uma percentagem, sendo que quanto maior for a percentagem, maior vai ser a preferência. Os limites de velocidade também são especificados, em km/h. Estes vão ser utilizados para fornecer uma estimativa do tempo dispendido no percurso efetuado pelos diferentes tipos de transporte. Relativamente às restrições, o peso das vias é especificado em toneladas, o comprimento, a altura e a largura são especificados em metros. As *turn restrictions* e as vias de sentido único também representam restrições e, dependendo da preferência do utilizador, os transportes selecionados podem ou não ser obrigados a obedecer essas regras.

Nesta secção vão ser explicados os valores atribuídos a cada um dos parâmetros para os diferentes tipos de transporte. Os valores atribuídos aos perfis baseiam-se no conhecimento geral que existe relativamente aos tipos de transporte utilizados como também em informações adquiridas junto de algumas entidades que prestam serviços de emergência.

Para todos os tipos de transporte normais foi considerada uma preferência de 20% para vias do tipo *ferry* com uma velocidade de 40km/h. Este tipo de vias não é

utilizado pelos transportes prioritários, assim como as do tipo *cycleway*, *path* e *steps*. Para nenhum tipo de transporte foram especificadas as dimensões, ficando isso ao critério do utilizador, uma vez que estas podem variar para o mesmo tipo de transporte. Por defeito, os tipos de transporte prioritários são obrigados a obedecer a vias de sentido único e *turn restrictions* apesar de, numa situação de emergência, poderem contrariar essas regras sempre que possível. Todos os transportes motorizados apresentam uma preferência de 60% para as vias que apresentem a propriedade pistas múltiplas.

4.2.2.1. Tipo de Transporte: foot

Tabela 4.13: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte *foot*.

Preferências e limites das vias		
Tag	Preferência	Velocidade
motorway	0	0
trunk	40	4
primary	50	4
secondary	60	4
tertiary	70	4
unclassified	80	4
residential	90	4
service	90	4
track	95	4
cycleway	30	4
path	100	4
steps	80	4
ferry	20	40

Através da análise da Tabela 4.13, verifica-se que este tipo de transporte tem acesso a todas as vias exceto às que apresentam o valor *motorway*, sendo-lhe atribuída uma percentagem de 0%. A preferência mais baixa é atribuída às vias do tipo *ferry*, com uma percentagem de 20%. Seguem-se as vias do tipo *cycleway* e *trunk*, que apresentam uma preferência de 30% e 40% respetivamente. Verifica-se que quanto mais simples a via se torna, maior vai sendo a percentagem atribuída. Isto deve-se ao facto de uma pessoa que se desloque a pé apresentar uma maior preferência relativamente a estradas pouco movimentadas por outros tipos de transporte. As

estradas residenciais e de serviço apresentam, por isso, uma percentagem elevada (90%). As maiores percentagens foram atribuídas às vias do tipo *track* (95%) e *path* (100%). As vias do tipo *track* caracterizam-se por serem vias sem revestimento, normalmente de acesso agrícola, sendo por isso utilizadas frequentemente por quem se desloca a pé. As vias do tipo *path* apresentam a preferência máxima (100%) uma vez que se tratam de vias indicadas para este tipo de transporte. Apresentam ainda uma preferência de 80% relativamente a vias do tipo *steps*, sendo o único meio de transporte com passagem permitida para as mesmas. A velocidade numa via do tipo *ferry* é de 40

km/h, enquanto que para todas as outras vias assume-se que uma pessoa anda a cerca de 4 km/h.

Tabela 4.14: Propriedades e restrições para o tipo de transporte *foot*.

Propriedades		Restrições	
Tag	Preferência	Tag	Valor
paved	50	oneway	0
multilane	25	turns	0
bridge	50	weight	0.0
tunnel	50	length	0.0
footroute	75	width	0.0
bicycleroute	70	height	0.0

Na Tabela 4.14 pode-se constatar que as maiores preferências estão relacionadas com as rotas pedestres (75%) e rotas de bicicletas (70%). Uma vez que estes tipos de rotas são constituídos maioritariamente por vias indicadas para andar a pé e de bicicleta, pode ser útil para o *routing* uma elevada preferência para estas propriedades, visto que apresentam vias indicadas para andar a pé que podem ser selecionadas pelo algoritmo. A menor preferência é atribuída para vias que apresentem pistas múltiplas (25%), uma vez que não são indicadas para andar a pé. Todas as outras propriedades apresentam um peso médio de 50%. Este tipo de transporte não necessita de seguir vias de sentido único nem apresenta obrigatoriedade em obedecer às *turn restrictions*.

4.2.2.2. Tipo de Transporte: wheelchair

Tabela 4.15: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte *wheelchair*.

Preferências e limites das vias		
Tag	Preferência	Velocidade
motorway	0	0
trunk	40	4
primary	50	4
secondary	60	4
tertiary	70	4
unclassified	80	4
residential	90	4
service	90	4
track	20	4
cycleway	100	4
path	100	4
steps	0	0
ferry	20	40

Na Tabela 4.15 verifica-se que não são permitidas vias do tipo *motorway* e *steps*. A preferência mais baixa é atribuída às vias do tipo *track* e *ferry*, com uma percentagem de 20%. A baixa percentagem das vias do tipo *track* deve-se ao facto de dificultarem bastante a tarefa de locomoção através de cadeira de rodas. Seguem-se as vias do tipo *trunk* (40%) e, quanto mais simples a via se torna, maior vai ser a preferência atribuída, tal como acontecia com o tipo de transporte *foot*. Mais uma vez isso deve-se ao facto de haver uma maior preferência por vias menos movimentadas para este tipo de transporte. Apresenta preferências elevadas para vias

residenciais e de serviço (90%). As vias que apresentam as maiores preferências são as vias do tipo *cicleway* e *path*. A via do tipo *cicleway* apresenta a preferência máxima pois trata-se de vias específicas para quem anda de bicicleta. A via do tipo *path*, embora seja específica para passagem pedonal, apresenta acesso para bicicletas podendo circular livremente. A velocidade numa via do tipo *ferry* é de 40 km/h. Para todas as outras vias assume-se que uma cadeira de rodas anda a uma velocidade de 4 km/h.

Tabela 4.16: Propriedades e restrições para o tipo de transporte *wheelchair*

Propriedades		Restrições	
Tag	Preferência	Tag	Valor
paved	90	oneway	0
multilane	25	turns	0
bridge	50	weight	0.0
tunnel	50	length	0.0
footroute	55	width	0.0
bicycleroute	55	height	0.0

Através da Tabela 4.16 verifica-se que a maior preferência se encontra associada à propriedade que define se uma via está pavimentada (90%). Uma pessoa que tenha a necessidade de se deslocar de cadeira de rodas deve fazê-lo num piso devidamente pavimentado, para que o percurso efetuado seja mais fácil e cómodo. Seguem-se as preferências relacionadas com as rotas pedestres e de bicicleta (55%), uma vez que

englobam um conjunto de vias adequadas para um indivíduo que tenha de se deslocar de cadeira de rodas. A preferência mais baixa é atribuída às vias que apresentem pistas múltiplas (25%) pois essas vias não são indicadas para o tipo de transporte em questão. Para os túneis e pontes são atribuídas preferências de 50%. As *turn restrictions* e vias de sentido único não necessitam de ser obedecidas, tal como o transporte anterior.

4.2.2.3. Tipo de Transporte: bicycle

Tabela 4.17: Perfil e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte *bicycle*.

Preferências e limites das vias		
Tag	Preferência	Velocidade
motorway	0	0
trunk	50	20
primary	70	20
secondary	80	20
tertiary	90	20
unclassified	90	20
residential	90	20
service	90	20
track	90	10
cycleway	100	20
path	90	20
steps	0	0
ferry	20	40

Através da análise da Tabela 4.17 constata-se que a passagem para as vias do tipo *motorway* e *steps* não é permitida, tal como sucedia com o tipo de transporte anterior. A preferência mínima é atribuída a vias do tipo *ferry* (20%), seguindo-se as vias do tipo *trunk* (50%). Mais uma vez, é dada uma maior preferência a vias mais simples como as do tipo *tertiary*, *unclassified*, *residential*, *service*, *track* e *path* (todas com 90%), uma vez que se tratam de vias pouco movimentadas. A preferência máxima é atribuída a vias do tipo *cycleway*, uma vez que são específicas para este tipo de transporte. Relativamente às velocidades, num *ferry* é de 40km/h e para uma via do tipo

track vai ser de 10km/h. Esta velocidade é a menor de todas as vias para este transporte e isso deve-se ao facto de este tipo de vias normalmente não apresentar qualquer revestimento, o que faz com que a velocidade seja inferior. Para todas as outras vias atribui-se uma velocidade de 20km/h.

Tabela 4.18: Propriedades e restrições para o tipo de transporte *bicycle*.

Propriedades		Restrições	
Tag	Preferência	Tag	Valor
paved	50	oneway	1
multilane	25	turns	1
bridge	50	weight	0.0
tunnel	50	length	0.0
footroute	70	width	0.0
bicycleroute	75	height	0.0

A Tabela 4.18 demonstra que as maiores preferências vão ser atribuídas a rotas de bicicleta (75%) e pedestres (70%), pois estas rotas apresentam vias indicadas para este tipo de transporte. A menor preferéncia é atribuída a vias com pistas múltiplas (25%), pois as bicicletas não são transportes adequados para andar nas vias que

apresentem mais do que uma pista, tal como sucedia com os dois tipos de transporte anteriores. Todas as outras propriedades das vias apresentam um peso de 50%. Ao contrário dos tipos de transporte anteriores, este obedece a vias de sentido único bem como às *turn restrictions*.

4.2.2.4. Tipo de Transporte: motorbike

Tabela 4.19: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte *motorbike*.

Preferências e limites das vias		
Tag	Preferência	Velocidade
motorway	100	120
trunk	100	100
primary	90	90
secondary	80	50
tertiary	70	50
unclassified	60	50
residential	50	50
service	70	50
track	20	30
cycleway	0	0
path	0	0
steps	0	0
ferry	20	40

Na Tabela 4.19 verifica-se que a maior preferéncia é atribuída a vias do tipo *motorway* e *trunk* (100%). As preferéncias vão diminuindo quanto mais simples se tornam as vias, apresentando um valor mínimo para uma via do tipo *ferry* e *track* (20%). Isto acontece uma vez que com este tipo de transporte pretende-se chegar ao destino da forma mais eficiente possível e, para tal, devem ser seguidas as vias mais complexas, que são aquelas que vão permitir uma deslocação mais eficaz. Para este tipo de transporte não são permitidas as vias *cycleway*, *path* e *steps*. As velocidades

foram atribuídas de acordo com o código da estrada. Numa via do tipo *motorway*, este

tipo de transporte pode circular até 120 km/h, nas do tipo *trunk* até 100 km/h e nas *primary* até 90 km/h. Para as vias do tipo *secondary*, *tertiary*, *residential* e *service* assume-se que a velocidade máxima é de 50 km/h, à semelhança do que acontece com os motociclos dentro de uma localidade. A menor velocidade é para vias do tipo *track* com 30 km/h.

Tabela 4.20: Propriedades e restrições para o tipo de transporte *motorbike*.

Propriedades		Restrições	
Tag	Preferência	Tag	Valor
paved	90	oneway	1
multilane	60	turns	1
bridge	50	weight	0.0
tunnel	50	length	0.0
footroute	50	width	0.0
bicycleroute	50	height	0.0

A Tabela 4.20 evidencia que a maior preferência é atribuída para vias pavimentadas (90%), pois este tipo de transporte deve sempre que possível deslocar-se em vias que se encontrem pavimentadas, para que a condução seja efetuada de uma forma simples, segura e cómoda. Seguem-se as vias que apresentam pistas múltiplas, com

uma preferência de 60%, o que reflete a capacidade deste tipo de transporte para se deslocar nas vias que apresentam esta propriedade. Todas as restantes propriedades apresentam uma preferência de 50%. Este tipo de transporte obedece a vias de sentido único e também às *turn restrictions*.

4.2.2.5. Tipo de Transporte: motorcar

Tabela 4.21: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte *motorcar*.

Preferências e limites das vias		
Tag	Preferência	Velocidade
motorway	100	120
trunk	100	100
primary	90	90
secondary	80	50
tertiary	70	50
unclassified	60	50
residential	50	50
service	70	50
track	10	30
cycleway	0	0
path	0	0
steps	0	0
ferry	20	40

Este tipo de transporte apresenta um perfil muito semelhante ao anterior, relativamente a todos os parâmetros (Tabela 4.21). Pode-se verificar que a maior preferência é atribuída a vias do tipo *motorway* e *trunk* e que estas vão diminuindo à medida que as vias se tornam mais simples. A principal diferença para o tipo de transporte *motorbike* está relacionada com a preferência atribuída às vias do tipo *track* (10%). Esta preferência é muito baixa, para que um transporte do tipo *motorcar* possa evitar este tipo de vias. Contudo, estas deverão ser escolhidas caso não exista mais

nenhum tipo que conduza até ao ponto selecionado como destino. A diferença relativamente à preferência para as vias do tipo *track* entre os tipos de transporte *motorcar* e *motorbike* deve-se ao facto de este último apresentar uma facilidade ligeiramente superior na passagem por este tipo de vias. Tal como no perfil anterior, não são permitidas as vias *cycleway*, *path* e *steps*. As velocidades permitidas para este tipo de transporte são as mesmas que foram atribuídas para o tipo *motorbike*.

Tabela 4.22: Propriedades e restrições para o tipo de transporte *motorcar*.

Propriedades		Restrições	
Tag	Preferência	Tag	Valor
paved	90	oneway	1
multilane	60	turns	1
bridge	50	weight	0.0
tunnel	50	length	0.0
footroute	45	width	0.0
bicycleroute	45	height	0.0

Relativamente às preferências das vias e restrições, este tipo de transporte apresenta valores semelhantes aos do perfil anterior, tal como demonstra a Tabela 4.22. A principal diferença reside na preferência atribuída às rotas pedestres e de bicicleta (45%). Uma vez que estas rotas podem apresentar vias do tipo

track e, como o tipo de transporte motorcar apresenta uma menor preferência para estas vias relativamente a *motorbike*, a preferência atribuída vai ser também menor. A maior preferência é atribuída para vias pavimentadas (90%), seguindo-se as vias que apresentam pistas múltiplas (60%) e as restantes propriedades apresentam uma preferência de 50%. São obedecidas as vias de sentido único assim como as *turn restrictions*.

4.2.2.6. Tipo de Transporte: firefv

Tabela 4.23: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte *firefv*.

Preferências e limites das vias		
Tag	Preferência	Velocidade
motorway	100	110
trunk	100	90
primary	100	80
secondary	90	40
tertiary	90	40
unclassified	90	40
residential	90	40
service	90	40
track	80	20
cycleway	0	0
path	0	0
steps	0	0
ferry	0	0

Na Tabela 4.23 verifica-se que estes tipos de transporte não podem passar em vias do tipo *cycleway*, *path*, *steps* e *ferry*. As preferências entre as vias não são muito distintas com um máximo de 100% para vias do tipo *motorway*, *trunk* e *primary* e um mínimo de 80% para as vias do tipo *track*. Este tipo de transportes pode passar por zonas que apresentem um piso bastante irregular daí a elevada percentagem para o tipo de via acima referido. As preferências máximas atribuídas estão relacionadas com o facto de essas vias apresentarem menor tráfego o que facilita a deslocação deste tipo

de transportes. As vias mais simples, normalmente, apresentam mais obstáculos, como por exemplo, carros estacionados, que podem impossibilitar uma passagem eficaz deste tipo de transportes, daí a sua menor preferência. As velocidades não são muito elevadas uma vez que esta categoria comporta veículos de grande porte. A velocidade máxima é atribuída para as vias do tipo *motorway* (110 km/h), diminuindo de uma forma gradual até às vias do tipo *track* (20 km/h).

Tabela 4.24: Propriedades e restrições para o tipo de transporte *firefv*.

Propriedades		Restrições	
Tag	Preferência	Tag	Valor
paved	50	oneway	1
multilane	60	turns	1
bridge	45	weight	0.0
tunnel	45	length	0.0
footroute	40	width	0.0
bicycleroute	40	height	0.0

Através da análise da Tabela 4.24 verifica-se que a maior preferência é atribuída a vias que apresentem pistas múltiplas (60%), pois irá facilitar o acesso deste tipo de veículos a um local de emergência. Seguem-se as vias pavimentadas, com um peso de 50%. Apesar de este tipo de veículos estar habilitado para circular em vias não pavimentadas, não têm

necessariamente de passar por essas vias, podendo passar tanto por vias pavimentadas como por vias não pavimentadas. A menor preferência está relacionada com as rotas pedestres e bicicletas (40%) e com os túneis e pontes (45%). Uma vez que se tratam de veículos de grande porte devem evitar deslocar-se em vias que apresentem estas características.

4.2.2.7. Tipo de Transporte: *command*

Tabela 4.25: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte *command*.

Preferências e limites das vias		
Tag	Preferência	Velocidade
motorway	100	160
trunk	100	140
primary	100	130
secondary	90	90
tertiary	80	90
unclassified	80	90
residential	80	90
service	80	90
track	30	50
cycleway	0	0
path	0	0
steps	0	0
ferry	0	0

A Tabela 4.25, demonstra que este tipo de transporte apresenta a preferência mais baixa para vias do tipo *track* (30%). Esta preferência foi atribuída para que evite passar nestas vias, devendo estas ser escolhidas apenas no caso de não existirem melhores soluções. Tal como o anterior, este tipo de transporte não apresenta acesso a vias do tipo *cycleway*, *path*, *steps* e *ferry*. As preferências máximas foram atribuídas às vias do tipo *motorway*, *trunk* e *primary* pelas mesmas razões do perfil anteriormente referido. Seguem-se as vias do tipo *secondary* com 90% e, todas as outras

apresentam uma preferência de 80%. As velocidades são, a par de *motorbikeinem*, as

mais rápidas de todos os tipos de transportes prioritários. A velocidade máxima é de 160km/h para uma via do tipo *motorway* e a mínima de 50 km/h para uma do tipo *track*.

Tabela 4.26: Propriedades e restrições para o tipo de transporte *command*.

Propriedades		Restrições	
Tag	Preferência	Tag	Valor
paved	70	oneway	1
multilane	60	turns	1
bridge	50	weight	0.0
tunnel	50	length	0.0
footroute	45	width	0.0
bicycleroute	45	height	0.0

Na Tabela 4.26 verifica-se que a maior preferência é atribuída a vias pavimentadas (70%) e a menor está relacionada com as rotas pedestres e bicicletas (45%). Este tipo de transportes não apresenta a mesma facilidade a vias não pavimentadas como o perfil anterior, daí a sua preferência elevada relativamente a esta propriedade das vias.

Relativamente às pistas múltiplas apresenta uma percentagem de 60%, que reflete a preferência deste tipo de transportes pelas vias que apresentem mais do que uma via. Para as vias que apresentem pontes e túneis é atribuída uma preferência de 50%.

4.2.2.8. Tipo de Transporte: *motorbikeinem*

Tabela 4.27: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte *motorbikeinem*.

Preferências e limites das vias		
Tag	Preferência	Velocidade
motorway	100	160
trunk	100	140
primary	100	130
secondary	90	90
tertiary	80	90
unclassified	80	90
residential	80	90
service	80	90
track	30	50
cycleway	0	0
path	0	0
steps	0	0
ferry	0	0

Este tipo de transporte apresenta um perfil igual ao anterior, assim como demonstra a Tabela 4.27. Para este tipo de transporte não é permitida a passagem destes veículos para vias do tipo *cycleway*, *path*, *steps* e *ferry*. As vias com preferências máximas são as *motorway*, *trunk* e *primary*, apresentando a preferência mais baixa para vias do tipo *track* (30%). Tal como já foi referido, são os tipos de transporte que apresentam maiores velocidades, iguais às do tipo de transporte anterior.

Tabela 4.28: Propriedades e restrições para o tipo de transporte *motorbikeinem*.

Propriedades		Restrições	
Tag	Preferência	Tag	Valor
paved	70	oneway	1
multilane	60	turns	1
bridge	50	weight	0.0
tunnel	50	length	0.0
footroute	45	width	0.0
bicycleroute	45	height	0.0

Tal como o tipo de transporte anterior, a maior preferência é atribuída a vias pavimentadas (70%) (Tabela 4.28). A menor está relacionada com as rotas pedestres e bicicletas (45%). As vias que apresentem pistas múltiplas apresentam uma percentagem de 60%, e as vias que apresentem túneis e pontes apresentam a uma preferência (50%).

4.2.2.9. Tipo de Transporte: personal

Tabela 4.29: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte *personal*.

Preferências e limites das vias		
Tag	Preferência	Velocidade
motorway	100	110
trunk	100	90
primary	100	80
secondary	90	40
tertiary	70	40
unclassified	70	40
residential	70	40
service	70	40
track	30	20
cycleway	0	0
path	0	0
steps	0	0
ferry	0	0

Através da análise da Tabela 4.29, verifica-se que não é permitida a passagem destes veículos para vias do tipo *cycleway*, *path*, *steps* e *ferry*. Apresenta a preferência mais baixa para vias do tipo *track*, com um peso de 30%. As vias com preferências máximas são as *motorway*, *trunk* e *primary*. As vias do tipo *secondary* também apresentam peso bastante elevado (90%). Todas as outras apresentam uma preferência de 70%, para que estas sejam escolhidas menos vezes que as restantes. As velocidades atribuídas a este tipo de transporte são iguais às do tipo *firefv*. Uma vez que esta categoria engloba

veículos de grande porte, as velocidades atingidas pelos mesmos não podem ser muito elevadas. Deste modo, a velocidade máxima é de 110 km/h para vias do tipo *motorway* e a mínima de 20 km/h em vias do tipo *track*.

Tabela 4.30: Propriedades e restrições para o tipo de transporte *personal*.

Propriedades		Restrições	
Tag	Preferência	Tag	Valor
paved	50	oneway	1
multilane	60	turns	1
bridge	45	weight	0.0
tunnel	45	length	0.0
footroute	40	width	0.0
bicycleroute	40	height	0.0

Analisando a Tabela 4.30 constata-se as preferências atribuídas às propriedades e restrições das vias são iguais ao tipo de transporte *firefv*. A maior preferênciã é atribuída a vias que apresentem pistas múltiplas (60%), seguindo-se as vias pavimentadas (50%). A menor preferênciã está relacionada com as rotas pedestres e

bicicletas (40%) e com os túneis e pontes (45%).

4.2.2.10. Tipo de Transporte: amb

Tabela 4.31: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte *amb*.

Preferências e limites das vias		
Tag	Preferência	Velocidade
motorway	100	140
trunk	100	120
primary	100	110
secondary	90	70
tertiary	60	70
unclassified	60	70
residential	60	70
service	60	70
track	10	40
cycleway	0	0
path	0	0
steps	0	0
ferry	0	0

Através da análise da Tabela 4.31, verifica-se que este tipo de transporte um peso de 10% para vias do tipo *track*. A passagem deste tipo de transporte por vias do tipo *cycleway*, *path*, *steps* e *ferry* não é permitida. Tal como sucede nos transportes prioritários anteriormente referidos, as vias do tipo *motorway*, *trunk* e *primary* apresentam preferências máximas, seguindo-se as do tipo *secondary* (90%). Todas as outras apresentam uma preferênciã de 60%. Relativamente às velocidades, para todas as vias são superiores relativamente aos tipos de transporte *firefv* e *personal*,

pois são veículos de menor porte. Contudo, as velocidades não são tão elevadas como sucede com os tipos de transporte *command* e *motorbikeinem*. A maior velocidade para este tipo de transporte é 140km/h numa via do tipo *motorway* e 40 km/h numa via do tipo *track*.

Tabela 4.32: Propriedades e restrições para o tipo de transporte *amb*.

Propriedades		Restrições	
Tag	Preferência	Tag	Valor
paved	90	oneway	1
multilane	60	turns	1
bridge	50	weight	0.0
tunnel	50	length	0.0
footroute	45	width	0.0
bicycleroute	45	height	0.0

Para este tipo de transporte a maior preferência é atribuída a vias pavimentadas com um peso de 90% tal como demonstra a Tabela 4.32. Uma vez que as ambulâncias transportam equipamentos e pessoas devem recorrer a vias pavimentadas, daí a sua elevada preferência. As pistas múltiplas apresentam um peso de 60%, os túneis e pontes um peso de 50%, e as rotas pedestres e bicicletas apresentam a menor preferência com um valor de 45%.

4.2.2.11. Tipo de Transporte: logistic

Tabela 4.33: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte *logistic*.

Preferências e limites das vias		
Tag	Preferência	Velocidade
motorway	100	100
trunk	100	80
primary	100	70
secondary	90	30
tertiary	90	30
unclassified	90	30
residential	90	30
service	90	30
track	80	20
cycleway	0	0
path	0	0
steps	0	0
ferry	0	0

Este tipo de transporte não pode passar em vias do tipo *cycleway*, *path*, *steps* e *ferry*, tal como se observa através da análise da Tabela 4.33. Apresentam preferências iguais aos tipos de transporte *firefv*, com uma preferência máxima para vias do tipo *motorway*, *trunk* e *primary*, pois estas vias apresentam menor tráfego e obstáculos. Para vias do tipo *track* apresentam a menor preferência, de 80%. Apesar de se tratar do valor com menor preferência, é bastante elevado e isso deve-se ao facto de este tipo de transportes, tal como *firefv*, poder passar por zonas cujo piso é irregular. As velocidades não são muito elevadas uma vez que esta categoria comporta veículos de grande porte. Representam os veículos com as segundas velocidades mais baixas de todos os tipos de transporte.

Tabela 4.34: Propriedades e restrições para o tipo de transporte *logistic*.

Propriedades		Restrições	
Tag	Preferência	Tag	Valor
paved	50	oneway	1
multilane	60	turns	1
bridge	45	weight	0.0
tunnel	45	length	0.0
footroute	40	width	0.0
bicycleroute	40	height	0.0

A Tabela 4.34 demonstra que as preferências atribuídas às propriedades e restrições das vias são iguais ao tipo de transporte *firefv* e *personal*. Deste modo e pelas mesmas razões, a maior preferência é atribuída a vias que apresentem pistas múltiplas (60%), seguindo-se as vias pavimentadas (50%). A menor preferência está relacionada com as rotas

pedestres e bicicletas (40%) e com os túneis e pontes (45%).

4.2.2.12. Tipo de Transporte: lift

Tabela 4.35: Preferências e limites de velocidade das vias para o tipo de transporte *lift*.

Preferências e limites das vias		
Tag	Preferência	Velocidade
motorway	100	80
trunk	100	70
primary	100	60
secondary	60	30
tertiary	60	30
unclassified	60	30
residential	60	30
service	60	30
track	30	20
cycleway	0	0
path	0	0
steps	0	0
ferry	0	0

Na Tabela 4.35 pode-se verificar que estes tipos de transporte não podem passar em vias do tipo *cycleway*, *path*, *steps* e *ferry*. Este tipo de transporte apresenta um máximo de 100% para vias do tipo *motorway*, *trunk* e *primary* uma vez que representa os veículos com maior porte de todos os tipos de transporte prioritários. Apresenta uma preferência mínima de 30% para as vias do tipo *track*. Para as restantes vias é atribuída uma preferência de 60%. Estas preferências são mais baixas quando comparadas com tipos de transporte anteriores e isso deve-se ao facto de serem

veículos de grande porte que apresentam grandes quantidades de equipamento associados. Isso vai fazer com que as vias principais sejam seleccionadas, para que a mobilidade deste tipo de transportes seja facilitada. Relativamente às velocidades, estes transportes são os que apresentam os valores mais baixos, precisamente pelas razões anteriormente referidas.

Tabela 4.36: Propriedades e restrições para o tipo de transporte *lift*.

Propriedades		Restrições	
Tag	Preferência	Tag	Valor
paved	50	oneway	1
multilane	60	turns	1
bridge	45	weight	0.0
tunnel	45	length	0.0
footroute	40	width	0.0
bicycleroute	40	height	0.0

A Tabela 4.36 demonstra que as preferências atribuídas às propriedades e restrições das vias são iguais ao tipo de transporte *firefv*, *personal* e *logistic*. Assim, a maior preferência é atribuída a vias que apresentem pistas múltiplas (60%), seguindo-se as vias pavimentadas (50%). A menor preferência está relacionada com as rotas pedestres e

bicicletas (40%) e com os túneis e pontes (45%). A atribuição destas preferências tem como base as razões referidas para os tipos de transporte *firefv*, *personal* e *logistic*.

4.2.3. Ficheiro de tradução

A aplicação Routino apresenta um ficheiro de configuração, designado *translations.xml*, que permite a adição de novas linguagens. Os ficheiros de saída HTML e GPX são gerados de acordo com o idioma selecionado usando as traduções contidas nesse ficheiro de configuração. Existem 3 diferentes formatos de saída de *router*: HTML, GPX em formato XML e texto, com um total de 5 ficheiros de saída:

- Instruções da rota em HTML para cada junção interessante;
- GPX *track file* contendo todos os nodos;
- GPX *route file* com todos os *waypoints* nas junções interessantes;
- Texto com uma descrição para todas as junções interessantes;
- Texto com todos os nodos.

Uma junção é considerada interessante quando a rota muda para um tipo de via diferente, quando mais de duas vias do mesmo tipo se encontram e, ainda, quando uma rota encontra mas não segue uma via maior.

O ficheiro que contém as instruções da rota HTML apresenta uma descrição da rota a seguir com instruções para cada uma das junções mais importantes. Contém informação do tempo e distância até cada uma dessas junções (Figura 4.3).

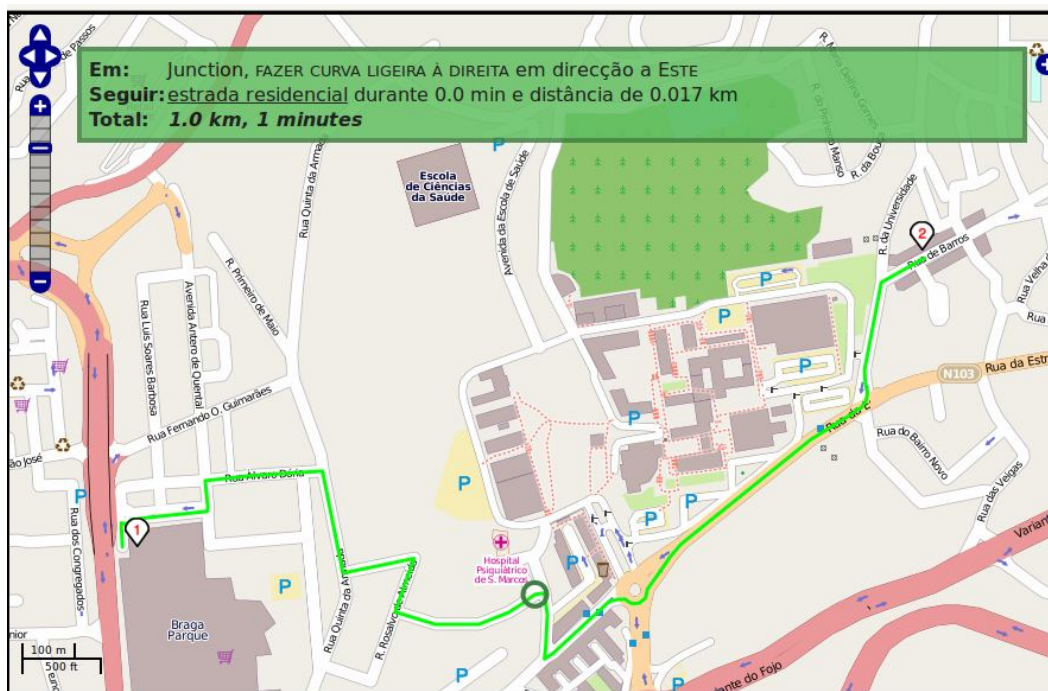


Figura 4.3: Descrição da rota a seguir com instruções em português para uma das junções importante.

O GPX *track file* contém as coordenadas de todos os nodos pelos quais a rota passa. O GPX *route file* contém apenas os *waypoints* e um conjunto de instruções para as junções interessantes pelas quais a rota passa.

Os ficheiros de texto podem conter os dados de todos os pontos ou apenas das junções mais importantes. No primeiro caso vamos ter uma linha para cada um de todos os pontos de uma rota. No segundo caso vai haver uma entrada para todos os cruzamentos interessantes na rota.

4.3. Algoritmo

Esta secção descreve o desenvolvimento do algoritmo que é usado no Routino para que uma rota seja encontrada.

4.3.1. Algoritmo Simples

Este trabalho aborda dois algoritmos: caminho mais curto e caminho mais rápido. O algoritmo utilizado no routing é relativamente simples. Começa num ponto inicial, procura todas as rotas possíveis e continua até atingir um ponto final. Apesar de este método funcionar, não é rápido. Para que uma rota seja encontrada rapidamente necessita de um algoritmo diferente, que encontre a rota correta sem perder tempo em rotas que não vão conduzir a lado nenhum.

4.3.2. Algoritmo melhorado

Uma melhoria no algoritmo consiste em seguir todos os segmentos possíveis desde um nodo inicial até ao nodo seguinte mais próximo (um nodo intermediário em toda a viagem). Quando um nodo é alcançado, o caminho mais curto desde o nodo inicial é armazenado assim como o comprimento dessa rota. Esse nodo passa a ser designado de nodo intermediário. A lista de todos os nodos intermediários é mantida e, aquele que apresentar um tempo de viagem potencialmente menor é processado antes de qualquer outro nodo. Assim, o primeiro nodo da lista segue todos os segmentos possíveis, colocando os novos nodos descobertos nessa lista. Caso se chegue a um nodo que já tenha sido atingido por uma rota mais longa, então pode-se descartar essa rota mais longa pela rota mais curta recentemente descoberta. Por outro lado, se a rota descoberta for maior, é imediatamente descartada. Em algum momento o nodo final irá ser alcançado e, de seguida, todas as rotas com comprimentos potencialmente maiores relativamente a esta rota podem ser imediatamente descartadas. O processo deve continuar para as rotas restantes, para descobrir se são ou não mais curtas que a encontrada em primeiro lugar. Deste modo, é encontrado o percurso mais curto possível. Apenas os segmentos que são possíveis através dos diferentes tipos de transporte escolhidos são seguidos. Isto permite que os tipos de transporte possam ser facilmente manipulados.

Para que se possa encontrar o percurso mais rápido são aplicadas as mesmas regras, com exceção para o critério de classificação anteriormente utilizado que se baseava na rota potencialmente mais curta. Neste caso, o critério utilizado é a velocidade para cada tipo de via.

Apesar de este método também funcionar não é muito rápido. Manter a lista de nodos intermediários em ordem representa a parte mais complexa. Essa complexidade é proporcional ao número de nodos ou segmentos examinados em todas as rotas entre os nodos inicial e final.

4.3.3. Algoritmo Final

O algoritmo final implementado no router é aquele que se encontra descrito acima, apresentado contudo uma diferença fundamental que é o facto de utilizar um conjunto de nodos bastante inferior. Uma vez que o tempo necessário para encontrar uma rota é proporcional ao número de nodos que precisam ser considerados, a solução para tornar o algoritmo rápido passa por descartar a maioria dos nodos mantendo apenas os mais

interessantes. Para um nodo poder ser considerado interessante tem de ser a junção de três ou mais segmentos, de dois segmentos com propriedades diferentes ou apresentar uma restrição diferente dos segmentos de conexão. Estes nodos passam a ser designados de supernodos. Cada supernodo gera um supersegmento que contém o caminho mais curto ao longo de segmentos com propriedades idênticas e termina noutra supernodo. Para que a rota mais curta entre dois pontos seja escolhida, vai ser executado um processo responsável pela permanência apenas dos nodos mais importantes e interessantes. Neste processo, todos os segmentos que apresentem propriedades idênticas são tratados da mesma forma. Na Figura 4.4 são demonstradas as etapas relativas ao funcionamento do algoritmo utilizado.

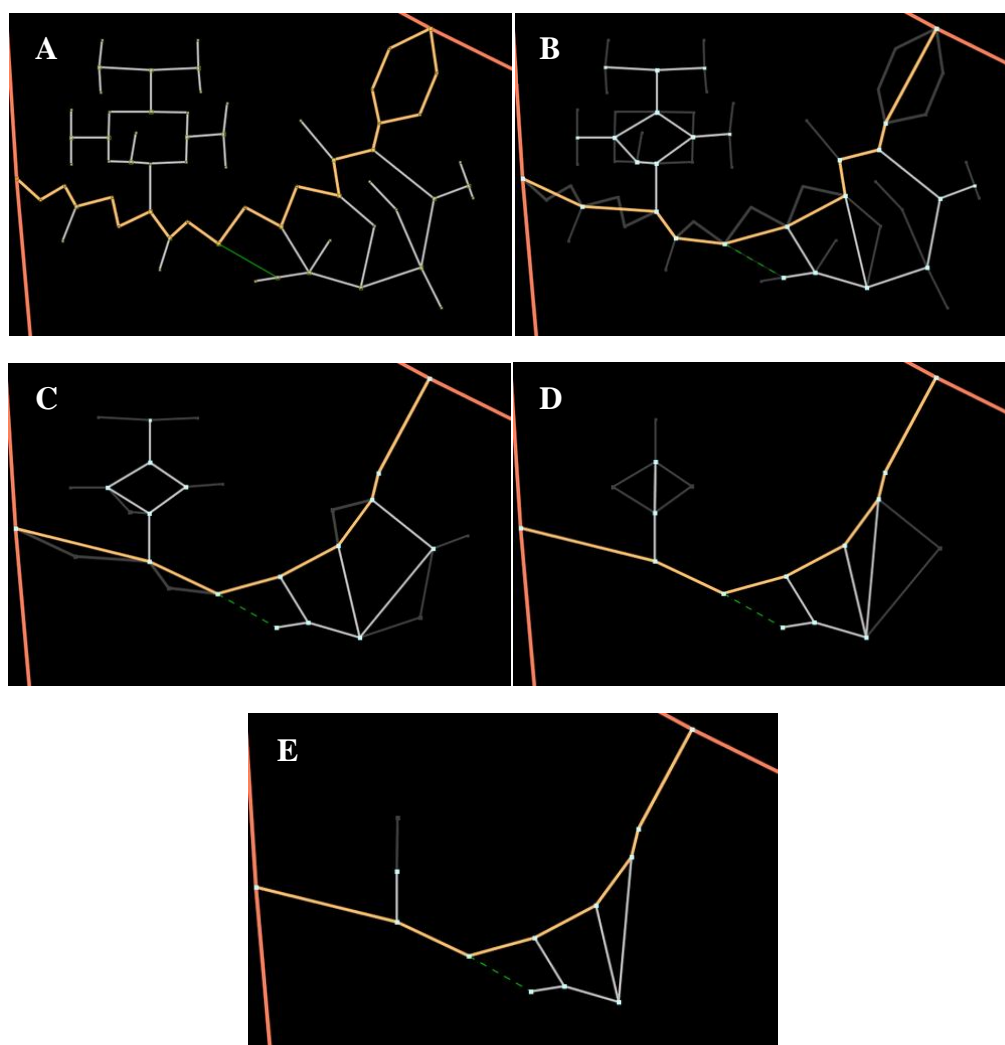


Figura 4.4: Etapas de implementação do algoritmo: vias originais (A), primeira iteração (B), segunda iteração (C), terceira iteração (D) e resultado final (E).

De um modo geral, o primeiro passo do algoritmo consiste em procurar todas as rotas ao longo dos segmentos desde o ponto inicial até serem encontrados supernodos. São, então, gerados supersegmentos que contêm o caminho mais curto. Este processo é repetido e para cada supersegmento é encontrada a rota mais curta entre os dois supernodos. Este processo é consideravelmente mais rápido do que usar todos os nodos.

Quando a primeira rota atinge o nodo final o comprimento dessa rota é mantido como uma referência. Caso seja calculada uma rota mais curta, esta irá substituir essa referência. Todas as rotas que apresentem valores de comprimento que excedam os valores de referência são imediatamente descartadas. Assim, muito rapidamente o número de rotas possíveis é reduzido até que a mais curta seja encontrada.

4.3.4. Preferências de Routing

O Routino apresenta uma das características muito importante que é a sua capacidade para selecionar uma rota ótima tendo em conta um conjunto de critérios tais como as preferências para cada tipo de via, limites de velocidade, propriedades e restrições das vias. Todos esses parâmetros são manipulados através da atribuição de um peso para cada segmento.

Comprimento do segmento

Ao calcular a rota mais curta, o comprimento do segmento é o ponto de partida para a pontuação.

Velocidade

Ao calcular a rota mais rápida, o tempo é o ponto de partida para a pontuação. Esse tempo é calculado a partir do comprimento do segmento, do limite de velocidade mais baixo e da preferência do utilizador para o tipo de via.

Sentido-único

Caso um segmento apresente a propriedade de sentido-único no sentido oposto ao percurso desejado, esse segmento vai ser ignorado.

Limites de peso, altura, largura e comprimento das vias

Caso um segmento apresente limites de peso, altura, largura e comprimento, e os seus valores sejam inferiores aos especificados pelo utilizador, o segmento vai ser ignorado.

Preferência das vias

A preferência das vias especificada pelo utilizador é uma *percentagem*. As vias com o valor de 100% são as preferidas pelo utilizador e apresentam uma preferência ponderada de 1,0. As que têm 0% apresentam uma preferência ponderada de 0,0. A pontuação é calculada para um segmento dividindo o valor por essa preferência ponderada.

Propriedades das vias

As propriedades das vias são especificadas pelo utilizador por uma *percentagem* e cada via pode ou não apresentar determinada propriedade. A preferência do utilizador pelas propriedades apresenta-se numa escala de 0,0 (de 0%) a 1,0 (100%) para atribuir uma preferência ponderada. Caso uma propriedade não exista, vai ser calculada uma segunda preferência ponderada “sem propriedades”, através da subtração da preferência do utilizador aos 100%. Deste modo, quando um segmento apresenta uma determinada propriedade, a pontuação calculada é dividida pela preferência ponderada dessa propriedade. Caso contrário, a pontuação é dividida pela preferência de propriedade não-ponderada.

5. Casos Práticos

No presente capítulo vão ser demonstrados alguns casos práticos com a finalidade de provar a eficácia da utilização da aplicação Routino para diferentes tipos de transporte. Deste modo, vai ser exposta uma situação que envolve o uso de cadeira de rodas no Campus da Universidade do Minho assim como algumas situações de emergência que podem ocorrer na cidade de Braga. De acordo com cada situação, vão ser selecionados diferentes tipos de transporte e, para cada um destes, vai ser demonstrada e explicada a rota gerada. Assim, os exemplos apresentados vão servir para comprovar que a atribuição de perfis aos vários tipos de transporte de cada uma das entidades que prestam serviços de emergência é a mais indicada.

5.1. Cadeira de rodas no Campus Gualtar

O primeiro caso prático considerado está relacionado com o Campus da Universidade do Minho em Gualtar, tendo como principal objetivo demonstrar as diferenças nas rotas apresentadas entre andar a pé e de cadeira de rodas.



Figura 5.1: Routing que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte *foot*.



Figura 5.3: Routing que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte *wheelchair*.

Os diferentes transportes selecionados diferem nas suas rotas, uma vez que *wheelchair* não tem acesso a vias do tipo *step*. Desta forma, o *router* terá de calcular um caminho alternativo. Assim, os tipos de vias escolhidos são do tipo *path* e *service*, obtendo-se como resultado uma nova rota, que pode ser percorrida em 8 minutos num total de 0,5 km.

O tipo de transporte selecionado influencia o tipo de vias escolhidas e como consequência, as distâncias obtidas. Visto que as vias do tipo *steps* não são acessíveis para cadeiras de rodas, será necessário encontrar uma rota alternativa que, neste caso será mais longa. Apesar da velocidade permitida para cada tipo de via ser igual para os perfis selecionados, verifica-se que o tempo para uma cadeira de rodas percorrer a rota é superior, uma vez que é necessário percorrer uma maior distância.

As rotas demonstradas nas figuras anteriores utilizam o algoritmo da rota mais curta. Contudo, pode ser usado o algoritmo da rota mais rápida, isto é, podem existir situações em que interesse ao utilizador saber qual o caminho mais rápido em vez do caminho mais curto. A Figura 5.4 demonstra a diferença entre os dois algoritmos para o tipo de transporte *foot* quando se modifica a preferência da via do tipo *path* para 10% (em vez dos 100% iniciais) e se aumenta a velocidade de 4 km/h para 20 km/h. Estas mudanças nas preferências das vias e velocidades fazem com que os dois algoritmos selecionem caminhos diferentes.

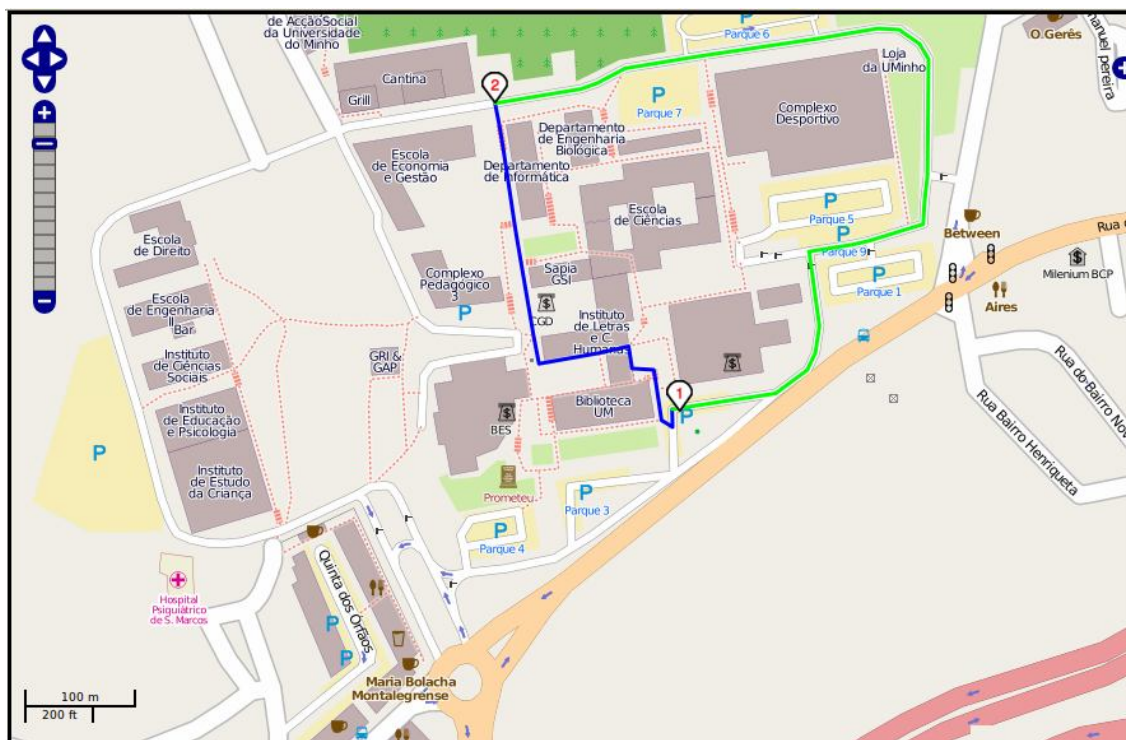


Figura 5.4: Diferenças entre os algoritmos para o tipo de transporte *foot*.

Pode-se observar que a rota a verde é diferente da traçada na Figura 5.1. Isto deve-se ao facto da preferência da via do tipo *path* ter passado para 10%, fazendo com que vias de outro tipo sejam selecionadas em detrimento desta. A rota calculada apresenta 0,7 km e pode ser percorrida em 10 minutos. A azul é apresentada a rota mais rápida que engloba as vias do tipo *path* e *steps*. Uma vez que as vias do tipo *path* apresentam uma velocidade elevada, vão ser escolhidas para representar a rota. Esta rota apresenta 0,3 km e pode ser percorrida num minuto.

Se a preferência das vias do tipo *path* for alterada novamente para 100% e a velocidade passar para 1 km/h, as rotas vão sofrer modificações tal como evidencia a Figura 5.5.

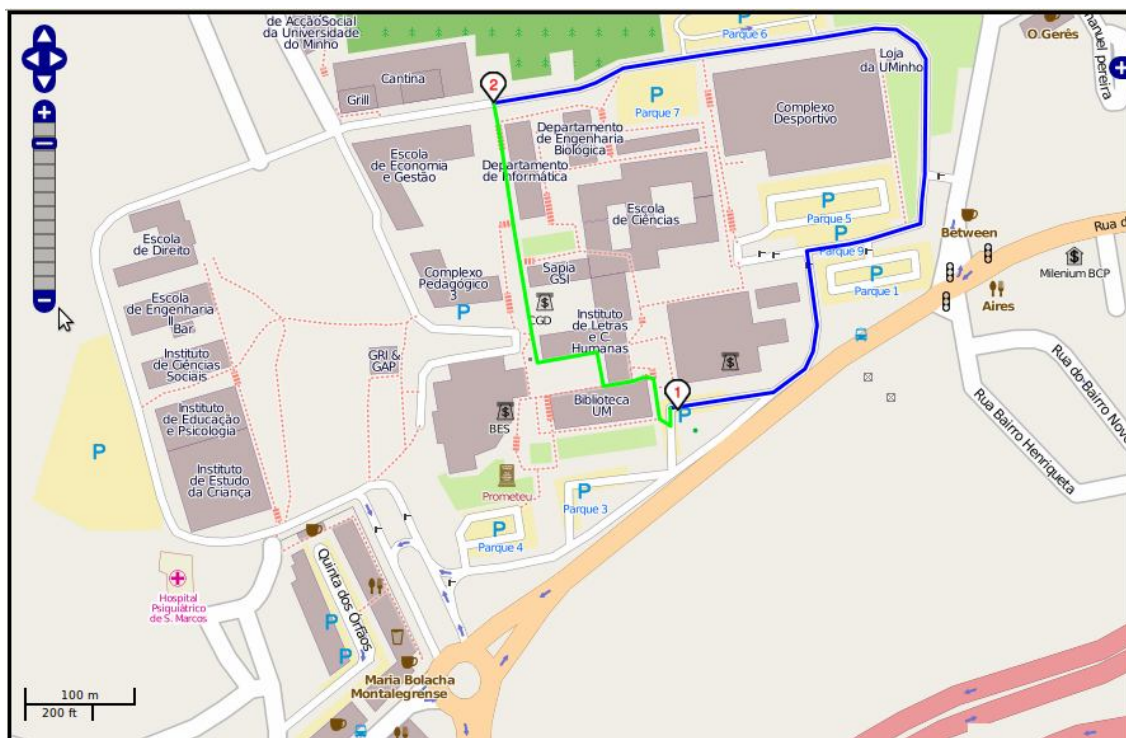


Figura 5.5: Diferenças entre os algoritmos para o tipo de transporte *foot*.

Mais uma vez, a verde é indicada a rota mais curta, com um resultado de 0,3 km em 18 minutos e a azul é apresentada a rota mais rápida, com um resultado de 0,7 km em 10 minutos. Quando é utilizado o algoritmo para o caminho mais curto as vias do tipo *path* voltam a ser seleccionadas. Como estas apresentam uma velocidade muito baixa, o algoritmo do caminho mais rápido vai seleccionar as vias do tipo *service*, que apresentam uma velocidade superior.

5.2. Incêndio na Makro

Neste segundo caso prático considerou-se um incêndio na superfície comercial Makro. Esta situação de emergência causou feridos ligeiros e, por isso, além dos bombeiros foi necessária a assistência de uma ambulância. O ponto inicial considerado para ambos os tipos de transporte está situado nos Bombeiros Sapadores de Braga e o ponto final na Makro. Na Figura 5.6 é apresentado o trajeto da rota mais curta para uma ambulância.

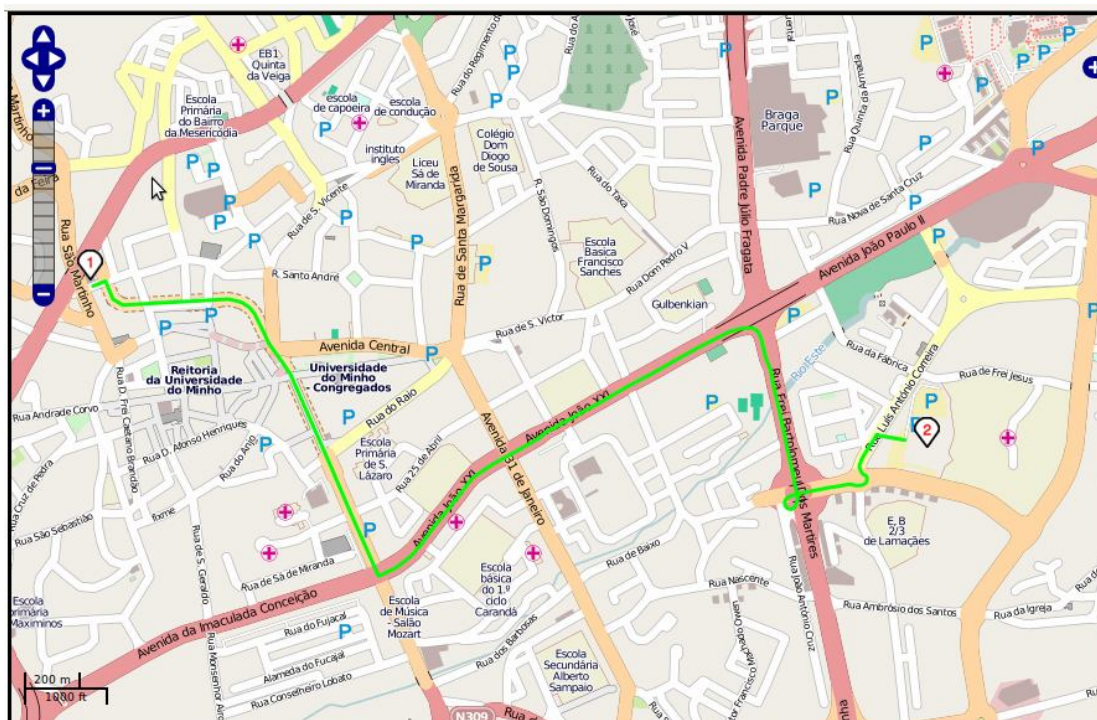


Figura 5.6: Routing que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte amb.

Analisando a figura é possível observar a verde a rota mais curta para a ambulância, com um resultado de 3,7 km a ser percorrido em 5 minutos. Se for escolhido o algoritmo mais rápido, a rota apresentada vai ser a da Figura 5.7.

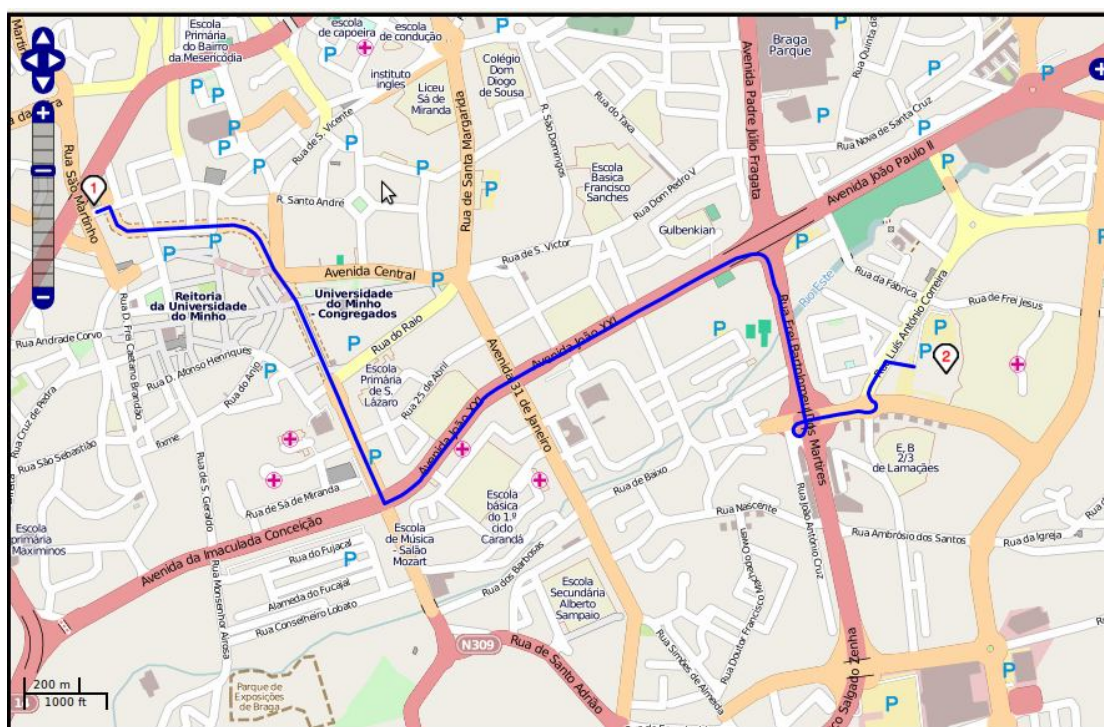


Figura 5.7: Routing que apresenta o caminho mais rápido para tipo de transporte amb.

Tal como se pode observar na Figura 5.7, a rota traçada a azul é igual à verde da Figura 5.6, obtendo-se resultados iguais para o tempo e distância percorridos. A rota apresenta um total de 3,7 km em 5 minutos. Tais resultados devem-se ao facto de ambas as rotas apresentarem as mesmas vias. Isto acontece pois as vias seleccionadas são aquelas que apresentam maiores preferências e ao mesmo tempo maiores velocidades. Assim, os dois algoritmos vão seleccionar o mesmo tipo de vias, obtendo-se resultados iguais.

Na Figura 5.8 são demonstradas as duas rotas para os bombeiros, podendo ser observadas diferenças entre as mesmas.

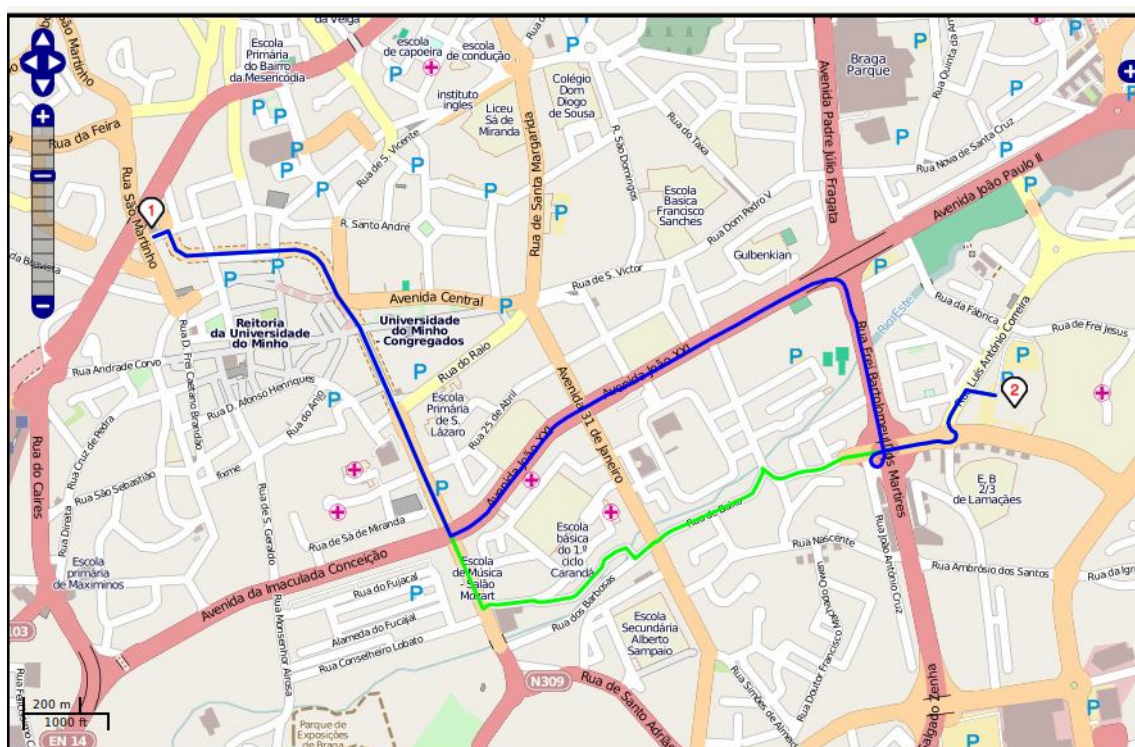


Figura 5.8: Routing que apresenta o caminho mais rápido e mais curto para tipo de transporte *firefv*.

Uma vez mais, a verde é apresentada a rota mais curta com um resultado de 3,3km em 8 minutos e a azul a rota mais rápida com um resultado de 3,7 km em 5 minutos. A diferença entre as duas rotas deve-se ao facto de este tipo de transporte apresentar preferências de 90% para vias do tipo *residential* e velocidades baixas para as mesmas (40km/h). Assim, o algoritmo mais curto vai seleccionar as vias que apresentam maior preferência e o algoritmo mais rápido as que apresentam maior velocidade, que são as do tipo *primary* e *secondary*. As diferenças entre a rota mais rápida para os dois tipos de transporte deve-se ao facto de os transportes dos bombeiros apresentarem preferência de 90% para vias do tipo *residential* e as ambulâncias apresentarem apenas uma preferência de 60% para o mesmo tipo de vias.

A existência de barreiras constitui um fator importante na medida em que podem impossibilitar a passagem de alguns tipos de transporte. Na via do tipo *secondary* é adicionada a informação que existe uma barreira, que impossibilita a passagem do veículo dos bombeiros. Assim, vai ser encontrada uma rota alternativa para contornar essa barreira tal como demonstra a Figura 5.9.

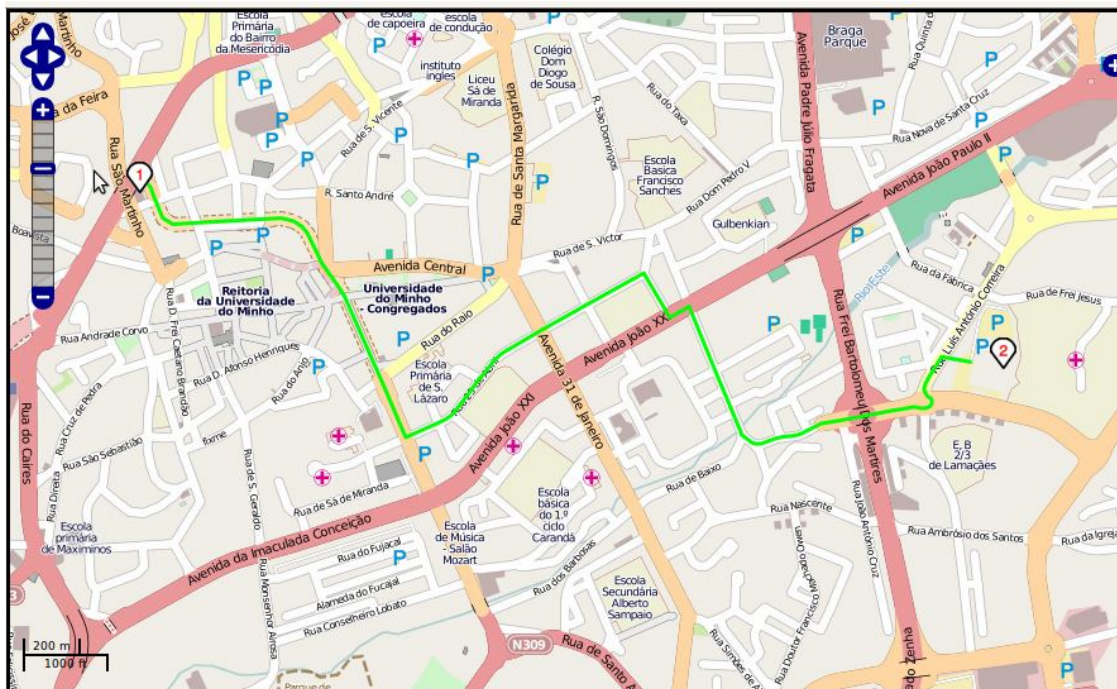


Figura 5.9: Routing que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte *firefv* com a existência de uma barreira.

Através da Figura 5.9 constata-se que é alcançada uma rota diferente quando existe uma barreira a impossibilitar a passagem para um veículo dos bombeiros. Esta rota será percorrida em 7 minutos ao longo de 3,4 km. Como se pode concluir, a distância percorrida é ligeiramente maior apesar de o tempo dispendido pelo trajeto ser o mesmo.

5.3. Assalto no banco

Neste caso prático foi considerado um assalto a um banco, em que um indivíduo fez reféns e provocou alguns feridos ligeiros e graves. O ponto de partida continua a ser os Bombeiros Sapadores de Braga e o destino é um balcão do Banco Espírito Santo junto à Universidade do Minho. Tendo em conta esta situação, foram chamados para o local ambulâncias, motas INEM, veículos de comando operacional e veículos de transporte pessoal. Na Figura 5.10 verifica-se a rota obtida para as ambulâncias.

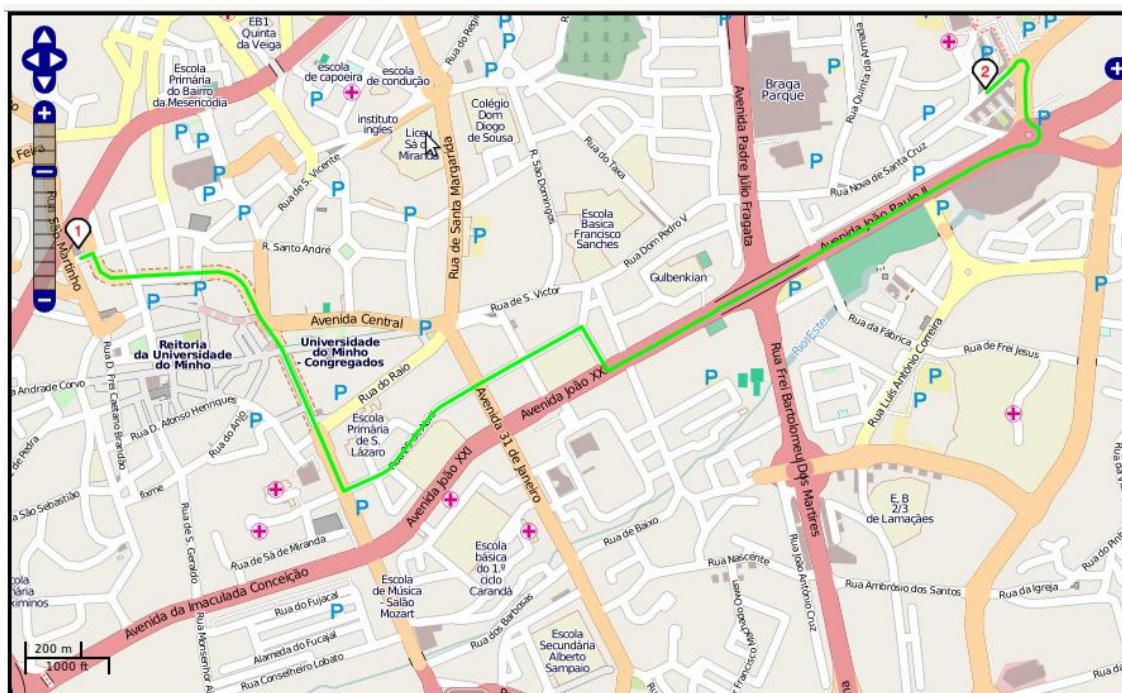


Figura 5.10: Routing que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte *amb*.

Mais uma vez, a verde é demonstrada a rota mais curta sendo percorridos 3,9 km num total de 5 minutos. A Figura 5.11 apresenta a rota mais curta para os veículos de comando operacional.

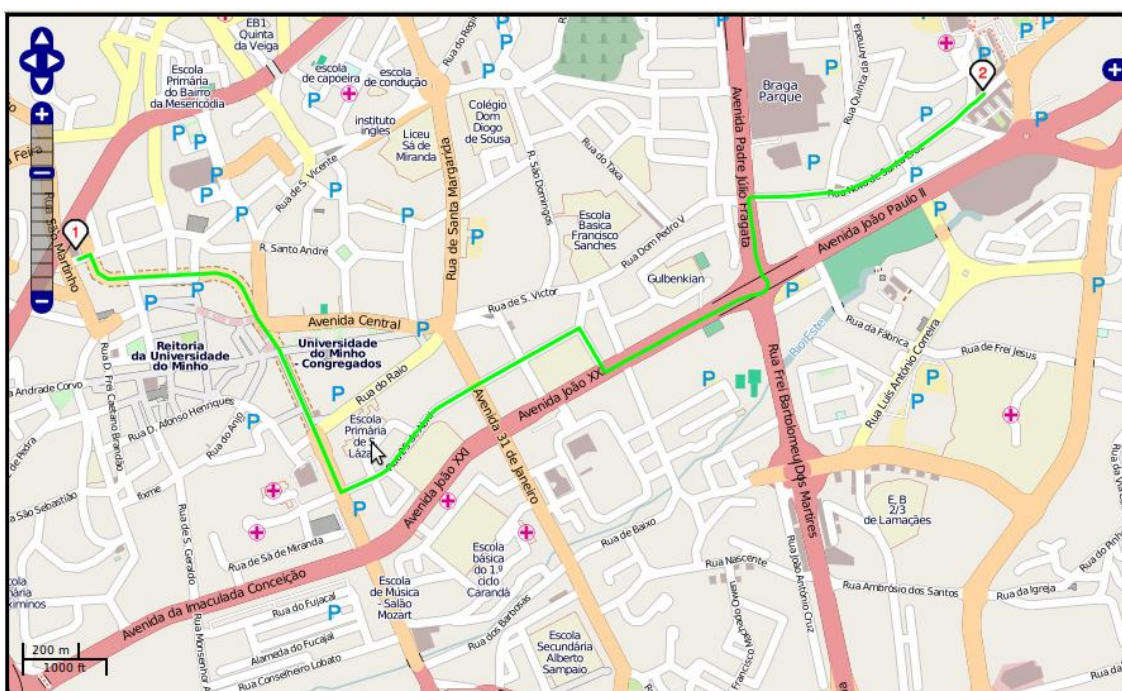


Figura 5.11: Routing que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte *command*.

A rota traçada é diferente comparativamente com as ambulâncias, sendo percorrida ao longo de 3,6 km num total de 4 minutos. A diferença relativa à distância deve-se ao

facto de os veículos de comando tático apresentarem uma preferência superior (80%) para vias do tipo *residential* (as ambulâncias apresentam 60% para essas vias), o que vai fazer com que o percurso efetuado seja distinto. O tempo vai ser também menor uma vez que os veículos de comando tático apresentam velocidades superiores quando comparados com as ambulâncias. A Figura 5.12 demonstra a rota para uma mota do INEM, apresentado um resultado igual ao veículo de comando operacional, ou seja, 3,6 km a serem percorridos em 4 minutos.

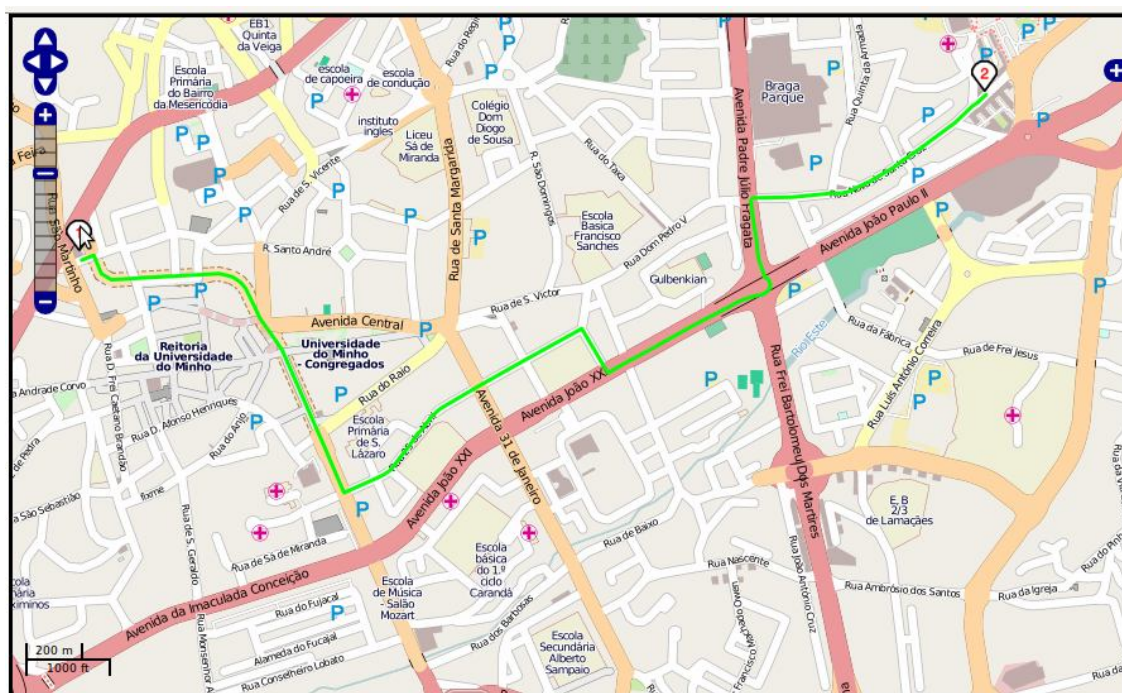


Figura 5.12: Routing que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte *motorbike* inem.

Uma rota para veículos de transporte de pessoal é apresentada na Figura 5.13, podendo-se constatar a semelhança com a rota traçada para a ambulância. A rota é percorrida ao longo de 3,9 km em 6 minutos. A distância percorrida comparativamente com a ambulância é igual, pois apresentam preferências de vias muito semelhantes, a única diferença está relacionada com o peso atribuído às vias do tipo *residential* (70% para os veículos de transporte de pessoal contra 60% das ambulâncias). Esta rota é a que apresenta o tempo maior, uma vez que dos quatro veículos chamados ao local de emergência são aqueles que apresentam menores velocidades. Os mais rápidos são os de comando tático e motas INEM (4 minutos), além de serem os veículos que efetuam um percurso menor.

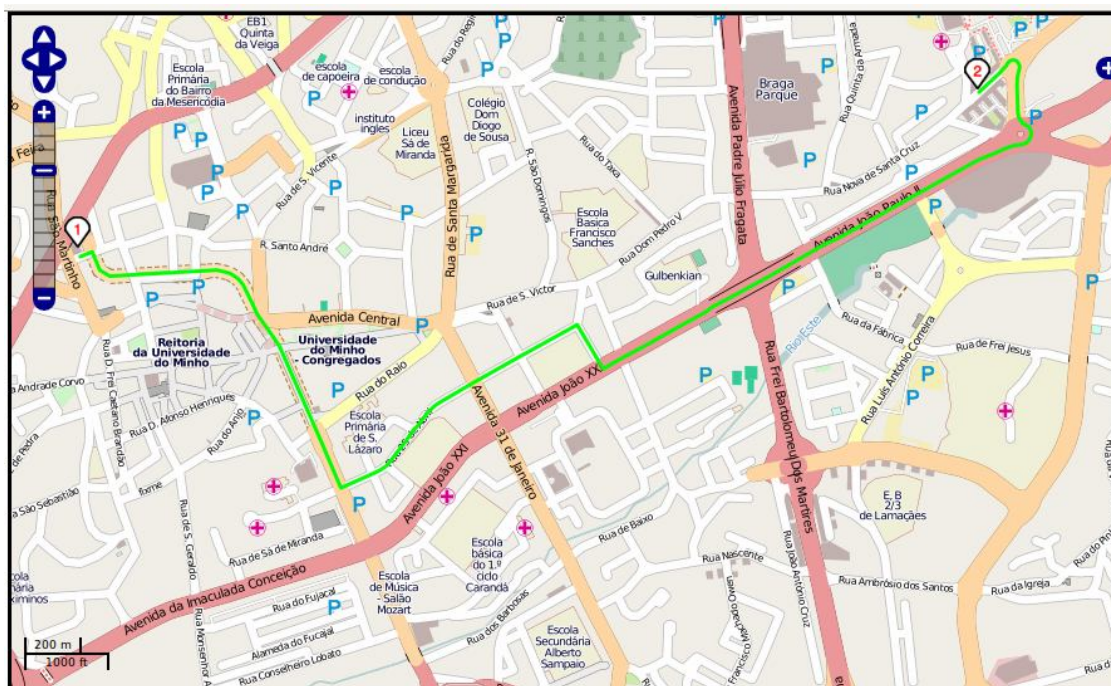


Figura 5.13: Routing que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte *personal*.

5.4. Incêndio no Dolce Vita

Neste último caso prático é considerado um incêndio no Dolce Vita que requer a chamada de veículos com meios elevatórios, de apoio logístico e bombeiros. Na Figura 5.14 é demonstrada a rota para os veículos dos bombeiros.

A verde é apresentada a rota do caminho mais curto, com uma distância de 3,9 km em 8 minutos. Relativamente ao veículo que apresentam meios elevatórios, a sua rota é apresentada na Figura 5.15 é representada uma rota diferente para veículos com meios elevatórios, com uma distância de 4,2 km que pode ser percorrida em 10 minutos.

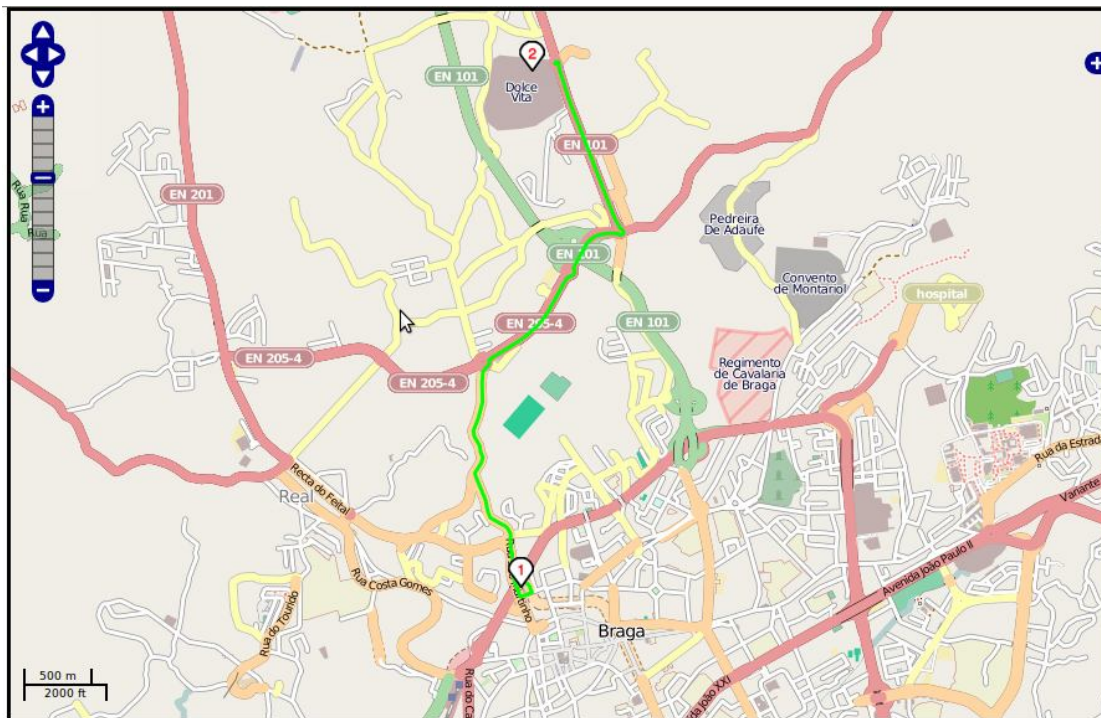


Figura 5.14 Routing que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte *firefv*.

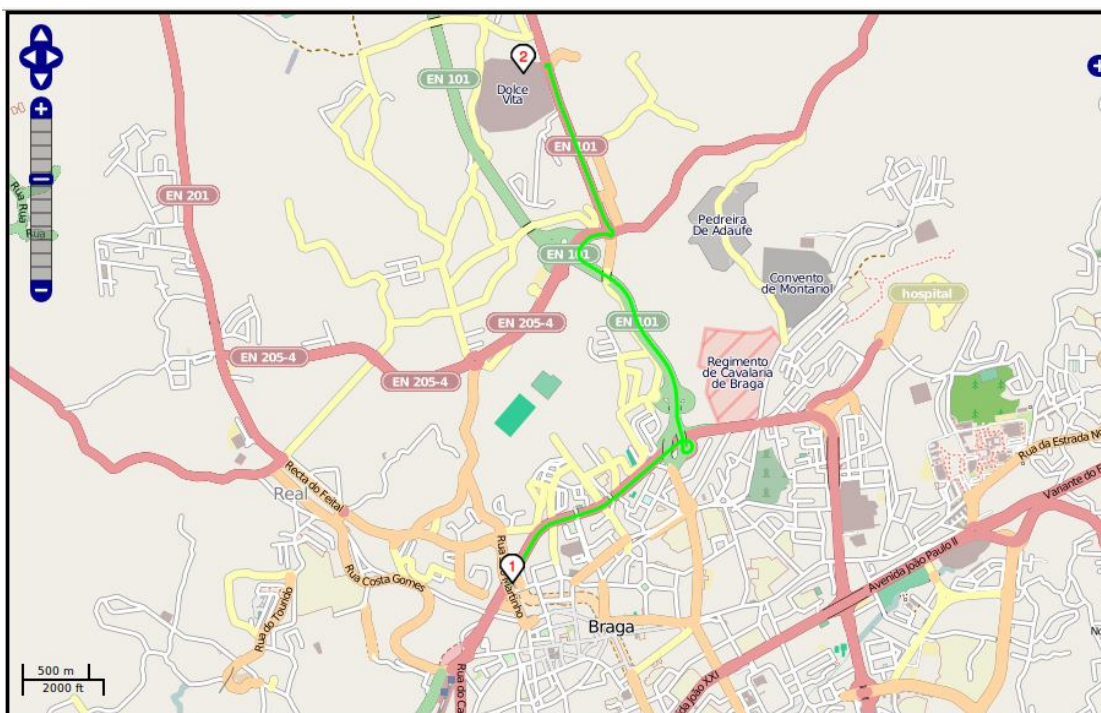


Figura 5.15: Routing que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte *lift*.

Estas diferenças devem-se ao facto dos veículos com meios elevatórios apresentarem baixas preferências para vias do tipo *residential* (60%) e *secondary* (60%)

comparativamente com os veículos dos bombeiros (90%). Na Figura 5.16 é apresentada a rota para veículos de apoio logístico.

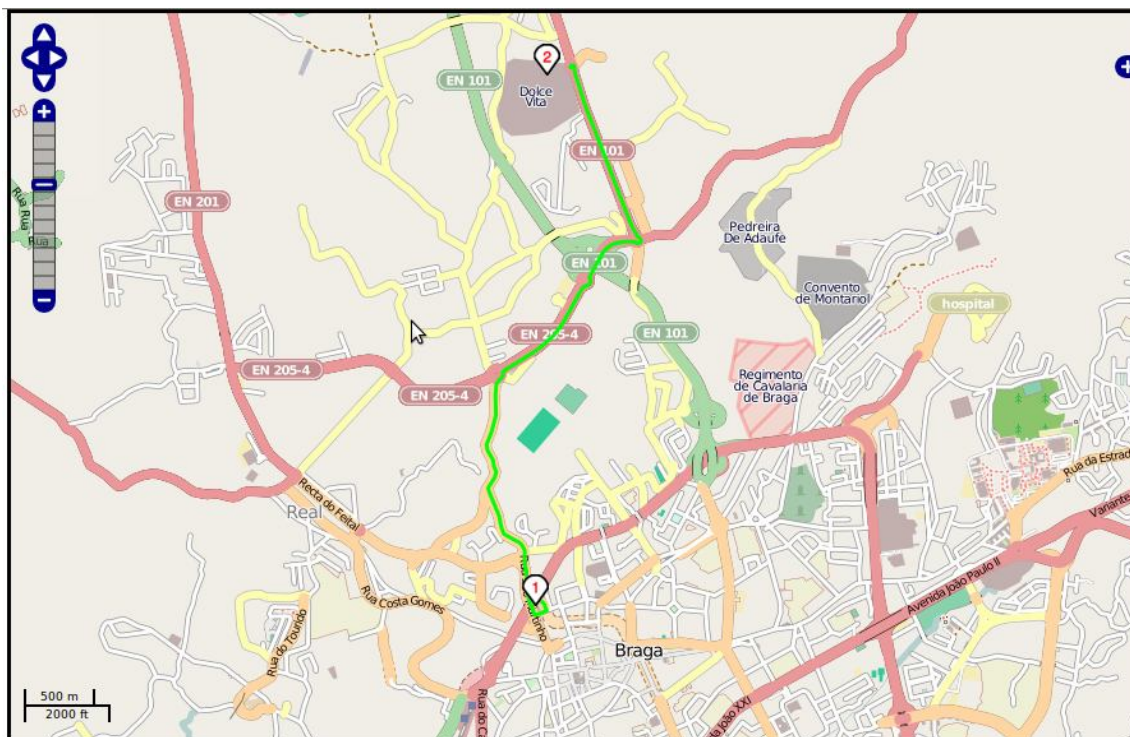


Figura 5.16: *Routing* que apresenta o caminho mais curto para tipo de transporte *logistic*.

Pode-se observar que a rota gerada é igual à dos veículos com meios elevatórios, pois estes tipos de transporte apresentam perfis muito semelhantes. A rota gerada pode ser percorrida ao longo de 3,9 km em 10 minutos.

Analisando as três rotas obtidas conclui-se que os veículos de combate a incêndios são os que demoram menos tempo a chegar ao local de emergência, pois as velocidades permitidas para as vias são superiores quando comparadas com as dos veículos de apoio logístico. Os outros veículos apresentam tempos iguais. A menor distância é percorrida pelos veículos de combate a incêndios e de transporte logístico, uma vez que apresentam preferências elevadas para vias do tipo *residential* e *secondary* (90%), o que vai fazer com que estas vias sejam selecionadas, o que permite obter um percurso mais curto comparativamente com os veículos com meios elevatórios. Estes apresentam apenas uma preferência de 60% para esses dois tipos de vias.

6. Conclusões e Trabalho Futuro

6.1. Conclusões

Este trabalho de dissertação focou-se no estudo de formas de resposta adequadas às necessidades de diferentes entidades prestadoras de cuidados de saúde numa situação de emergência médica. Do estudo dessas necessidades, verificou-se que as entidades como os bombeiros, INEM e proteção civil não dispõem ainda de soluções de *software* que lhes permita obter uma rota até ao local de emergência para os diferentes tipos de transporte.

A solução encontrada passou pela identificação, análise e adequação de um programa de cálculo de rotas. A base escolhida, o Routino, mostrou-se adequada aos diferentes requisitos exigidos pelas entidades referidas. Para os dados, optou-se por uma solução que, embora atualmente ainda esteja incompleta, apresenta o melhor potencial de adequação. Esta adequação consegue-se com a participação destas entidades na atualização e correção da rede viária, o que não seria tão fácil recorrendo às soluções comerciais. A utilização do OSM, além de servir de base ao cálculo *routing*, permite caracterizar as vias de acordo com as características particulares que interessam aos veículos de emergência.

A aplicação permite a obtenção de rotas eficazes para os diferentes tipos de transporte associados a cada uma das entidades. Para o cálculo desta rota são considerados vários parâmetros como as preferências e limites de velocidade das vias para cada tipo de transporte, as propriedades e as restrições das vias.

Cada veículo dispõe de dois algoritmos diferentes para o cálculo de *routing*, o do caminho mais curto e do caminho mais rápido. Cada um destes algoritmos deve ser optado de acordo com a situação de emergência em causa. O caminho mais curto nem sempre representa o caminho mais rápido, uma vez que cada tipo de via apresenta um limite de velocidade associado.

A atribuição de perfis e as regras utilizadas aproximam-se da realidade, uma vez que os tempos e distâncias das rotas calculadas para os tipos de transporte criados se encontram dentro dos padrões expectáveis. Convém reforçar que a aplicação confere ao utilizador um elevado grau de autonomia, que se deve à modificação de alguns parâmetros utilizados no *routing* de uma forma dinâmica. Além disso, pode decidir se

pretende obedecer às regras de sentido único e às *turn restrictions*. Pode ainda especificar o peso, altura, comprimento e largura do tipo de transporte selecionado e, caso os valores inseridos ultrapassem os máximos permitidos para as vias que os apresentem, essas vias são evitadas e uma rota alternativa é encontrada.

Por fim, destaca-se o facto de todo o trabalho estar disponível para teste e avaliação na internet, o que torna mais rápido e aberto todo o processo de avaliação e melhoria do mesmo.

6.2. Contribuições e Trabalho Futuro

Este trabalho nasceu como resposta às necessidades do panorama atual identificadas para algumas entidades como bombeiros, INEM e Proteção Civil, que necessitam de chegar a um local de emergência de forma eficaz. Para dar uma resposta eficiente, essas entidades devem apresentar um mecanismo de *routing* que permita descobrir o caminho mais indicado a seguir, de acordo com o tipo de transporte selecionado.

Assim, este trabalho constitui-se como uma extensão a um *software* existente e a sua contribuição está relacionada com a inclusão de tipos de transporte prioritários. Para cada um destes foram definidos diferentes perfis, com diferentes preferências associadas aos vários parâmetros que afetam o algoritmo responsável pelo cálculo de *routing*. Deste modo, as entidades responsáveis pela prestação de assistência em situações de emergência têm acesso a rotas eficientes, que dependem do transporte selecionado. Apesar de este trabalho constituir um apoio fulcral para atender as necessidades das entidades referidas, alguns aperfeiçoamentos podem ser desenvolvidos.

Relativamente ao tipo de transporte cadeira de rodas, é importante realçar a necessidade futura de abordar a questão do declive da via, pois poderia ajudar a apresentar um percurso mais fiável ao utilizador, dando-lhe uma noção mais exata do esforço que teria de ser dispendido. A distância calculada teria de considerar o valor da inclinação. Uma outra consideração muito importante e relacionada com este tipo de transporte seria a inclusão de plataformas elevatórias na aplicação, que poderia reduzir significativamente a distância da rota.

Para o percurso a pé poderiam ser incluídas as passadeiras, o que iria permitir obter rotas mais seguras e eventualmente mais curtas. Desta forma, quando o percurso a pé fosse selecionado, as passadeiras seriam consideradas pelo algoritmo e, assim, a distância percorrida e o trajeto seria mais fiel à realidade.

O congestionamento das vias em determinados horários constitui também um ponto essencial que poderia otimizar o cálculo do algoritmo de routing.

Quanto ao modo de representação das rotas obtidas também pode ser apontado um possível desenvolvimento, que seria realizar routing num modelo a três dimensões, conferindo ao utilizador uma melhor visualização do percurso a seguir.

Referências Bibliográficas

1. **Hoyt, R.E., Sutton, M. and Yoshihashi, A.** *Medical Informatics: Practical Guide for the Healthcare Professional 2008*. s.l. : University of West Florida, School of Allied Health and Life Sciences, Medical Informatics Program, 2008. ISBN: 9781435753563.
2. **Chen, H.** *Medical informatics: knowledge management and data mining in biomedicine*. s.l. : Springer Verlag, 2005. Vol. 8.
3. **Avison, D. and Fitzgerald, G.** *Information systems development: methodologies, techniques and tools*. s.l. : McGraw-Hill, 2003.
4. *Geographic information systems*. **Goodchild, M.F.** 2, s.l. : SAGE Publications, 1991, Progress in human geography, Vol. 15, p. 194.
5. **Heywood, I., Cornelius, S. and Carver, S.** *Geographical information systems*. s.l. : Pearson Education Limited, 2006.
6. *OpenStreetMap: User-generated street maps*. **Haklay, M. and Weber, P.** 4, s.l. : IEEE, 2008, Pervasive Computing, IEEE, Vol. 7, pp. 12-18.
7. *A beast in the field: The Google Maps mashup as GIS/2*. **Miller, C.C.** 3, s.l. : UT Press, 2006, Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, Vol. 41, pp. 187-199.
8. **Turner, A.** *Introduction to neogeography*. s.l. : O'Reilly Media, Inc., 2006.
9. *Community participation, spatial knowledge production, and GIS use in inner-city revitalization*. **Ghose, R.** 1, s.l. : Taylor & Francis, 2003, Journal of Urban Technology, Vol. 10, pp. 39-60.
10. *Towards ubiquitous cartography*. **Gartner, G., Bennett, D.A. and Morita, T.** 4, s.l. : Cartography and Geographic Information Society, 2007, Cartography and Geographic Information Science, Vol. 34, pp. 247-257.
11. *in the World of Web 2.0*. **Goodchild, M.F.** s.l. : Citeseer, 2007, International Journal, Vol. 2, pp. 24-32.
12. *Citizens as sensors: the world of volunteered geography*. **Goodchild, M.F.** 4, s.l. : Springer, 2007, GeoJournal, Vol. 69, pp. 211-221.
13. *The wikification of GIS and its consequences: Or Angelina Jolie's new tattoo and the future of GIS*. **Sui, D.** 1, 2008, Computers Environment and Urban Systems, Vol. 32, pp. 1-5.

14. *Discovering points of interest from users' map annotations.* **Mummididi, L.N. and Krumm, J.** 3, s.l. : Springer, 2008, *GeoJournal*, Vol. 72, pp. 215-227.
15. *Thoughts on volunteered (geo) slavery.* **Obermeyer, N.** 2007, Retrieved March, Vol. 3, p. 2008.
16. *Mapping DigiPlace: geocoded Internet data and the representation of place.* **Zook, M.A. and Graham, M.** 3, 2007, *Environment and Planning B: Planning and Design*, Vol. 34, pp. 466-482.
17. *The creative reconstruction of the Internet: Google and the privatization of cyberspace and DigiPlace.* **Zook, M.A. and Graham, M.** 6, s.l. : Elsevier, 2007, *Geoforum*, Vol. 38, pp. 1322-1343.
18. *Trouble in the heartland: GIS and its critics in the 1990s.* **Schuurman, N.** 4, s.l. : Sage Publications, 2000, *Progress in Human Geography*, Vol. 24, p. 569.
19. *Who contrives the real in GIS? Geographic information, planning and critical theory.* **Aitken, S.C. and Michel, S.M.** 1, s.l. : Cartography and Geographic Information Society, 1995, *Cartography and Geographic Information Science*, Vol. 22, pp. 17-29.
20. *Implementing a community-integrated GIS: perspectives from South African fieldwork.* **Harris, T. and Weiner, D.** s.l. : CRC, 2002, *Community participation and geographic information systems*, pp. 246-258.
21. *GIS and collaborative urban governance: Understanding their implications for community action and power.* **Elwood, S.A.** 8, s.l. : VH WINSTON & SONS INC, 2002, *Urban Geography*, Vol. 22, pp. 737-759.
22. *PPGIS: the evolution of public participation GIS.* **Obermeyer, N.J.** 1998, Unpublished UCGIS white paper.
23. *Public participation geographic information systems: A literature review and framework.* **Sieber, R.** 3, s.l. : Wiley Online Library, 2006, *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 96, pp. 491-507.
24. *Participatory GIS—a people's GIS?* **Dunn, C.E.** 5, s.l. : Sage Publications, 2007, *Progress in Human Geography*, Vol. 31, p. 616.
25. *Critical GIS: Theorizing an emerging discipline.* **Schuurman, N.** 4, 1999, *Cartographica*, Vol. 36, pp. 1-108.
26. *Localgovernment data sharing: Evaluating the foundations of spatial data infrastructures.* **Harvey, F. and Tulloch, D.** 7, s.l. : Taylor and Francis Ltd, 2006, *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 20, pp. 743-768.

27. *Care of the subject: Feminism and critiques of GIS.* **Schuurman, N. and Pratt, G.** 3, s.l. : Taylor & Francis, 2002, *Gender, Place and Culture: A Journal of Feminist Geography*, Vol. 9, pp. 291-299.
28. *Feminist Visualization: Re-envisioning GIS as a Method in Feminist Geographic Research.* **Kwan, M.P.** 4, s.l. : Wiley Online Library, 2002, *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 92, pp. 645-661.
29. *Mapping urban change and changing GIS: Other views of economic restructuring.* **Pavlovskaya, M.E.** 3, s.l. : Taylor & Francis, 2002, *Gender, Place and Culture: A Journal of Feminist Geography*, Vol. 9, pp. 281-289.
30. *Beyond Cooptation or Resistance: Urban Spatial Politics, Community Organizations, and GIS-Based Spatial Narratives.* **Elwood, S.** 2, s.l. : Wiley Online Library, 2006, *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 96, pp. 323-341.
31. *Gentrification, discourse, and the body: Chicago's Humboldt Park.* **Wilson, D. and Grammenos, D.** 2, 2005, *Environment and Planning D: Society and Space*, Vol. 23, pp. 295-312.
32. *Ontology-based metadata.* **Schuurman, N. and Leszczynski, A.** 5, s.l. : Blackwell Publishing Ltd, 2006, *Transactions in GIS*, Vol. 10, p. 709.
33. *Volunteered geographic information: future research directions motivated by critical, participatory, and feminist GIS.* **Elwood, S.** 3, s.l. : Springer, 2008, *GeoJournal*, Vol. 72, pp. 173-183.
34. *The role of sub-national government and the private sector in future spatial data infrastructures.* **Rajabifard, A., et al.** 7, s.l. : TAYLOR & FRANCIS LTD, 2006, *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 20, p. 727.
35. *Grassroots groups as stakeholders in spatial data infrastructures: challenges and opportunities for local data development and sharing.* **Elwood, S.** 1-2, s.l. : London: Taylor & Francis, c1997-, 2008, *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 22, pp. 71-90.
36. *Geoweb for social change.* **Sieber, R.** 2007, Retrieved March, Vol. 3, p. 2008.
37. *Application for GIS specialist meeting.* **Williams, S.** 2007, Retrieved March, Vol. 3, p. 2008.
38. *Volunteered geographic information and spatial data infrastructures: When do parallel lines converge.* **Craglia, M.** 2007, Retrieved December, Vol. 12, p. 2009.

39. *The credibility of volunteered geographic information.* **Flanagin, A.J. and Metzger, M.J.** 3, s.l. : Springer, 2008, GeoJournal, Vol. 72, pp. 137-148.
40. *A trust and reputation model for filtering and classifying knowledge about urban growth.* **Bishr, M. and Mantelas, L.** 3, s.l. : Springer, 2008, GeoJournal, Vol. 72, pp. 229-237.
41. *Mapping the global energy system using wikis, open sources, WWW, and Google Earth.* **Gupta, R.** 2007, Retrieved March, Vol. 3, p. 2008.
42. *The intersection of data access and public participation: Impacting GIS users' success.* **Tulloch, D.L. and Shapiro, T.** 2, 2003, URISA Journal, Vol. 15, pp. 55-60.
43. *Of maps and myths.* **Estes, J.E. and Mooneyhan, D.W.** 5, 1994, Photogrammetric engineering and remote sensing, Vol. 60.
44. *Sharing geographic information: an assessment of the Geospatial One-Stop.* **Goodchild, M.F., Fu, P. and Rich, P.** 2, s.l. : Taylor & Francis, 2007, Annals of the Association of American Geographers, Vol. 97, pp. 250-266.
45. *Access denied map: Mapping Web 2.0 censorship.* **Gharbia, S.** 2007, Retrieved March, Vol. 3, p. 2008.
46. *Geographic Information Science: new geovisualization technologies--emerging questions and linkages with GIScience research.* **Elwood, S.** s.l. : SAGE Publications, 2008, Progress in Human Geography.
47. *Virtual globes: The web-wide world.* **Butler, D.** 7078, s.l. : Nature Publishing Group, 2006, Nature, Vol. 439, pp. 776-778.
48. **Johnson, S.** *The ghost map: the story of London's most terrifying epidemic--and how it changed science, cities, and the modern world.* s.l. : Riverhead Books (Hardcover), 2006.
49. Ten Principles for Opening Up Government Information. [Online] <http://sunlightfoundation.com/policy/documents/ten-open-data-principles/>.
50. OpenStreetMap. [Online] <http://www.openstreetmap.org/>.
51. OpenStreetMap Wiki. [Online] <http://wiki.openstreetmap.org/index.php/Press>.
52. OpenCycleMap. [Online] <http://www.opencyclemap.org/>.
53. OSMTransport. [Online] <http://3liz.fr/public/osmtransport/>.
54. ride the city. [Online] <http://ridethecity.com/>.
55. bus routes. [Online] <http://busroutes.in/chennai/>.
56. Universidade de Maryland. [Online] <http://map.umd.edu/map/>.
57. resejamforaren. [Online] http://kartor.lund.se/resejamforaren/start_st.htm.

58. Matatu Online. [Online] <http://www.matatuonline.com/index.php>.
59. Indian Railways Map. [Online] <http://www.mapsofindia.com/maps/india/india-railway-map.htm>.
60. Spatial Analysis.co.uk - data, visualisation, analysis, resources. [Online] <http://spatialanalysis.co.uk/2011/02/brilliant-boris-bikes-animation/>.
61. More travel-time maps and their uses. [Online] <http://www.mysociety.org/2007/more-travel-maps/>.
62. Travel-time Maps and their Uses. [Online] <http://www.mysociety.org/2006/travel-time-maps/>.
63. Isokron. [Online] <http://old.isokron.com/>.
64. *Arquitetura de sistemas de informação geográfica*. **Câmara, G., et al.** 2000, Introdução à Ciência da Geoinformação, <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd>.
65. —. **Davis, C. and Câmara, G.** 2001, Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE.

Apêndices

Nesta secção vão ser apresentados os ficheiros criados em formato XML responsáveis pela criação de perfis (Código A1) e pelas regras de tagging (Código A2). Inclui também os respetivos Schemas (Código A3 e Código A4).

Código A1: Ficheiro XML para a criação de diferentes perfis associados aos vários tipos de transporte.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>

<routino-profiles xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
instance"

xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://www.routino.org/xml/routino-
profiles.xsd">

  <profile name="foot" transport="foot">
    <speeds>
      <speed highway="motorway"      kph="0" />
      <speed highway="trunk"          kph="4" />
      <speed highway="primary"        kph="4" />
      <speed highway="secondary"      kph="4" />
      <speed highway="tertiary"       kph="4" />
      <speed highway="unclassified"   kph="4" />
      <speed highway="residential"    kph="4" />
      <speed highway="service"        kph="4" />
      <speed highway="track"          kph="4" />
      <speed highway="cycleway"       kph="4" />
      <speed highway="path"           kph="4" />
      <speed highway="steps"          kph="4" />
      <speed highway="ferry"          kph="40" />
    </speeds>
    <preferences>
      <preference highway="motorway"  percent="0" />
      <preference highway="trunk"      percent="40" />
      <preference highway="primary"    percent="50" />
      <preference highway="secondary"  percent="60" />
      <preference highway="tertiary"   percent="70" />
      <preference highway="unclassified" percent="80" />
      <preference highway="residential" percent="90" />
      <preference highway="service"    percent="90" />
      <preference highway="track"      percent="95" />
      <preference highway="cycleway"   percent="30" />
      <preference highway="path"       percent="100" />
      <preference highway="steps"      percent="80" />
      <preference highway="ferry"      percent="20" />
    </preferences>
    <properties>
      <property type="paved"            percent="50" />
      <property type="multilane"        percent="25" />
      <property type="bridge"           percent="50" />
      <property type="tunnel"           percent="50" />
      <property type="footroute"        percent="75" />
      <property type="bicycleroute"     percent="70" />
    </properties>
  </profile>
</routino-profiles>
```

```
</properties>
<restrictions>
  <oneway obey="0" />
  <turns obey="0" />
  <weight limit="0.0" />
  <height limit="0.0" />
  <width limit="0.0" />
  <length limit="0.0" />
</restrictions>
</profile>

<profile name="wheelchair" transport="wheelchair">
  <speeds>
    <speed highway="motorway" kph="0" />
    <speed highway="trunk" kph="4" />
    <speed highway="primary" kph="4" />
    <speed highway="secondary" kph="4" />
    <speed highway="tertiary" kph="4" />
    <speed highway="unclassified" kph="4" />
    <speed highway="residential" kph="4" />
    <speed highway="service" kph="4" />
    <speed highway="track" kph="4" />
    <speed highway="cycleway" kph="4" />
    <speed highway="path" kph="4" />
    <speed highway="steps" kph="0" />
    <speed highway="ferry" kph="40" />
  </speeds>
  <preferences>
    <preference highway="motorway" percent="0" />
    <preference highway="trunk" percent="40" />
    <preference highway="primary" percent="50" />
    <preference highway="secondary" percent="60" />
    <preference highway="tertiary" percent="70" />
    <preference highway="unclassified" percent="80" />
    <preference highway="residential" percent="90" />
    <preference highway="service" percent="90" />
    <preference highway="track" percent="20" />
    <preference highway="cycleway" percent="100" />
    <preference highway="path" percent="100" />
    <preference highway="steps" percent="0" />
    <preference highway="ferry" percent="20" />
  </preferences>
  <properties>
    <property type="paved" percent="90" />
    <property type="multilane" percent="25" />
    <property type="bridge" percent="50" />
    <property type="tunnel" percent="50" />
    <property type="footroute" percent="55" />
    <property type="bicycleroute" percent="55" />
  </properties>
  <restrictions>
    <oneway obey="0" />
    <turns obey="0" />
    <weight limit="0.0" />
    <height limit="0.0" />
    <width limit="0.0" />
    <length limit="0.0" />
  </restrictions>
</profile>

<profile name="bicycle" transport="bicycle">
```

```
<speeds>
  <speed highway="motorway"      kph="0" />
  <speed highway="trunk"         kph="20" />
  <speed highway="primary"       kph="20" />
  <speed highway="secondary"     kph="20" />
  <speed highway="tertiary"      kph="20" />
  <speed highway="unclassified"  kph="20" />
  <speed highway="residential"   kph="20" />
  <speed highway="service"       kph="20" />
  <speed highway="track"         kph="10" />
  <speed highway="cycleway"     kph="20" />
  <speed highway="path"         kph="20" />
  <speed highway="steps"        kph="0" />
  <speed highway="ferry"        kph="40" />
</speeds>
<preferences>
  <preference highway="motorway"  percent="0" />
  <preference highway="trunk"     percent="50" />
  <preference highway="primary"   percent="70" />
  <preference highway="secondary" percent="80" />
  <preference highway="tertiary"  percent="90" />
  <preference highway="unclassified" percent="90" />
  <preference highway="residential" percent="90" />
  <preference highway="service"   percent="90" />
  <preference highway="track"     percent="90" />
  <preference highway="cycleway"  percent="100" />
  <preference highway="path"     percent="90" />
  <preference highway="steps"    percent="0" />
  <preference highway="ferry"    percent="20" />
</preferences>
<properties>
  <property type="paved"          percent="50" />
  <property type="multilane"     percent="25" />
  <property type="bridge"        percent="50" />
  <property type="tunnel"        percent="50" />
  <property type="footroute"     percent="70" />
  <property type="bicycleroute" percent="75" />
</properties>
<restrictions>
  <oneway obey="1" />
  <turns obey="1" />
  <weight limit="0.0" />
  <height limit="0.0" />
  <width limit="0.0" />
  <length limit="0.0" />
</restrictions>
</profile>

<profile name="motorbike" transport="motorbike">
  <speeds>
    <speed highway="motorway"      kph="120" />
    <speed highway="trunk"         kph="100" />
    <speed highway="primary"       kph="90" />
    <speed highway="secondary"     kph="50" />
    <speed highway="tertiary"      kph="50" />
    <speed highway="unclassified"  kph="50" />
    <speed highway="residential"   kph="50" />
    <speed highway="service"       kph="50" />
    <speed highway="track"         kph="30" />
    <speed highway="cycleway"     kph="0" />
    <speed highway="path"         kph="0" />
  </speeds>
</profile>
```

```
<speed highway="steps"          kph="0" />
<speed highway="ferry"         kph="40" />
</speeds>
<preferences>
  <preference highway="motorway"    percent="100" />
  <preference highway="trunk"      percent="100" />
  <preference highway="primary"    percent="90" />
  <preference highway="secondary"  percent="80" />
  <preference highway="tertiary"   percent="70" />
  <preference highway="unclassified" percent="60" />
  <preference highway="residential" percent="50" />
  <preference highway="service"    percent="70" />
  <preference highway="track"      percent="20" />
  <preference highway="cycleway"   percent="0" />
  <preference highway="path"       percent="0" />
  <preference highway="steps"      percent="0" />
  <preference highway="ferry"     percent="20" />
</preferences>
<properties>
  <property type="paved"           percent="90" />
  <property type="multilane"      percent="60" />
  <property type="bridge"         percent="50" />
  <property type="tunnel"         percent="50" />
  <property type="footroute"      percent="50" />
  <property type="bicycleroute"   percent="50" />
</properties>
<restrictions>
  <oneway obey="1" />
  <turns obey="1" />
  <weight limit="0.0" />
  <height limit="0.0" />
  <width limit="0.0" />
  <length limit="0.0" />
</restrictions>
</profile>

<profile name="motorcar" transport="motorcar">
  <speeds>
    <speed highway="motorway"      kph="120" />
    <speed highway="trunk"         kph="100" />
    <speed highway="primary"       kph="90" />
    <speed highway="secondary"     kph="50" />
    <speed highway="tertiary"      kph="50" />
    <speed highway="unclassified"  kph="50" />
    <speed highway="residential"   kph="50" />
    <speed highway="service"       kph="50" />
    <speed highway="track"         kph="30" />
    <speed highway="cycleway"      kph="0" />
    <speed highway="path"          kph="0" />
    <speed highway="steps"         kph="0" />
    <speed highway="ferry"        kph="40" />
  </speeds>
  <preferences>
    <preference highway="motorway"    percent="100" />
    <preference highway="trunk"      percent="100" />
    <preference highway="primary"    percent="90" />
    <preference highway="secondary"  percent="80" />
    <preference highway="tertiary"   percent="70" />
    <preference highway="unclassified" percent="60" />
    <preference highway="residential" percent="50" />
    <preference highway="service"    percent="70" />
  </preferences>
</profile>
```



```
<preference highway="track"           percent="10" />
<preference highway="cycleway"        percent="0" />
<preference highway="path"            percent="0" />
<preference highway="steps"           percent="0" />
<preference highway="ferry"           percent="20" />
</preferences>
<properties>
  <property type="paved"                percent="90" />
  <property type="multilane"            percent="60" />
  <property type="bridge"               percent="50" />
  <property type="tunnel"               percent="50" />
  <property type="footroute"            percent="45" />
  <property type="bicycleroute"         percent="45" />
</properties>
<restrictions>
  <oneway obey="1" />
  <turns obey="1" />
  <weight limit="0.0" />
  <height limit="0.0" />
  <width limit="0.0" />
  <length limit="0.0" />
</restrictions>
</profile>

<profile name="firefv" transport="firefv">
  <speeds>
    <speed highway="motorway"           kph="110" />
    <speed highway="trunk"               kph="90" />
    <speed highway="primary"             kph="80" />
    <speed highway="secondary"           kph="40" />
    <speed highway="tertiary"            kph="40" />
    <speed highway="unclassified"        kph="40" />
    <speed highway="residential"         kph="40" />
    <speed highway="service"             kph="40" />
    <speed highway="track"               kph="20" />
    <speed highway="cycleway"            kph="0" />
    <speed highway="path"                kph="0" />
    <speed highway="steps"               kph="0" />
    <speed highway="ferry"               kph="0" />
  </speeds>
  <preferences>
    <preference highway="motorway"       percent="100" />
    <preference highway="trunk"           percent="100" />
    <preference highway="primary"         percent="100" />
    <preference highway="secondary"       percent="90" />
    <preference highway="tertiary"        percent="90" />
    <preference highway="unclassified"    percent="90" />
    <preference highway="residential"     percent="90" />
    <preference highway="service"         percent="90" />
    <preference highway="track"           percent="80" />
    <preference highway="cycleway"        percent="0" />
    <preference highway="path"            percent="0" />
    <preference highway="steps"           percent="0" />
    <preference highway="ferry"           percent="0" />
  </preferences>
  <properties>
    <property type="paved"                percent="50" />
    <property type="multilane"            percent="60" />
    <property type="bridge"               percent="45" />
    <property type="tunnel"               percent="45" />
    <property type="footroute"            percent="40" />
  </properties>
</profile>
```

```
<property type="bicycleroute" percent="40" />
</properties>
<restrictions>
  <oneway obey="1" />
  <turns obey="1" />
  <weight limit="0.0" />
  <height limit="0.0" />
  <width limit="0.0" />
  <length limit="0.0" />
</restrictions>
</profile>

<profile name="command" transport="command">
  <speeds>
    <speed highway="motorway"      kph="160" />
    <speed highway="trunk"          kph="140" />
    <speed highway="primary"        kph="130" />
    <speed highway="secondary"      kph="90" />
    <speed highway="tertiary"       kph="90" />
    <speed highway="unclassified"   kph="90" />
    <speed highway="residential"    kph="90" />
    <speed highway="service"        kph="90" />
    <speed highway="track"          kph="50" />
    <speed highway="cycleway"       kph="0" />
    <speed highway="path"           kph="0" />
    <speed highway="steps"          kph="0" />
    <speed highway="ferry"          kph="0" />
  </speeds>
  <preferences>
    <preference highway="motorway"  percent="100" />
    <preference highway="trunk"     percent="100" />
    <preference highway="primary"    percent="100" />
    <preference highway="secondary"  percent="90" />
    <preference highway="tertiary"   percent="80" />
    <preference highway="unclassified" percent="80" />
    <preference highway="residential" percent="80" />
    <preference highway="service"    percent="80" />
    <preference highway="track"      percent="30" />
    <preference highway="cycleway"   percent="0" />
    <preference highway="path"       percent="0" />
    <preference highway="steps"      percent="0" />
    <preference highway="ferry"      percent="0" />
  </preferences>
  <properties>
    <property type="paved"           percent="70" />
    <property type="multilane"       percent="60" />
    <property type="bridge"          percent="50" />
    <property type="tunnel"          percent="50" />
    <property type="footroute"       percent="45" />
    <property type="bicycleroute"    percent="45" />
  </properties>
  <restrictions>
    <oneway obey="1" />
    <turns obey="1" />
    <weight limit="0.0" />
    <height limit="0.0" />
    <width limit="0.0" />
    <length limit="0.0" />
  </restrictions>
</profile>
```

```
<profile name="motorbikeinem" transport="motorbikeinem">
  <speeds>
    <speed highway="motorway"      kph="160" />
    <speed highway="trunk"         kph="140" />
    <speed highway="primary"       kph="130" />
    <speed highway="secondary"     kph="90" />
    <speed highway="tertiary"      kph="90" />
    <speed highway="unclassified"  kph="90" />
    <speed highway="residential"   kph="90" />
    <speed highway="service"       kph="90" />
    <speed highway="track"         kph="50" />
    <speed highway="cycleway"     kph="0" />
    <speed highway="path"         kph="0" />
    <speed highway="steps"        kph="0" />
    <speed highway="ferry"        kph="0" />
  </speeds>
  <preferences>
    <preference highway="motorway"  percent="100" />
    <preference highway="trunk"     percent="100" />
    <preference highway="primary"   percent="100" />
    <preference highway="secondary" percent="90" />
    <preference highway="tertiary"  percent="80" />
    <preference highway="unclassified" percent="80" />
    <preference highway="residential" percent="80" />
    <preference highway="service"   percent="80" />
    <preference highway="track"     percent="30" />
    <preference highway="cycleway"  percent="0" />
    <preference highway="path"     percent="0" />
    <preference highway="steps"    percent="0" />
    <preference highway="ferry"    percent="0" />
  </preferences>
  <properties>
    <property type="paved"          percent="70" />
    <property type="multilane"     percent="60" />
    <property type="bridge"        percent="50" />
    <property type="tunnel"        percent="50" />
    <property type="footroute"     percent="45" />
    <property type="bicycleroute" percent="45" />
  </properties>
  <restrictions>
    <oneway obey="1" />
    <turns obey="1" />
    <weight limit="0.0" />
    <height limit="0.0" />
    <width limit="0.0" />
    <length limit="0.0" />
  </restrictions>
</profile>

<profile name="personal" transport="personal">
  <speeds>
    <speed highway="motorway"      kph="110" />
    <speed highway="trunk"         kph="90" />
    <speed highway="primary"       kph="80" />
    <speed highway="secondary"     kph="40" />
    <speed highway="tertiary"      kph="40" />
    <speed highway="unclassified"  kph="40" />
    <speed highway="residential"   kph="40" />
    <speed highway="service"       kph="40" />
    <speed highway="track"         kph="20" />
    <speed highway="cycleway"     kph="0" />
  </speeds>
</profile>
```

```
<speed highway="path"           kph="0" />
<speed highway="steps"          kph="0" />
<speed highway="ferry"          kph="0" />
</speeds>
<preferences>
  <preference highway="motorway"   percent="100" />
  <preference highway="trunk"      percent="100" />
  <preference highway="primary"    percent="100" />
  <preference highway="secondary"  percent="90" />
  <preference highway="tertiary"   percent="70" />
  <preference highway="unclassified" percent="70" />
  <preference highway="residential" percent="70" />
  <preference highway="service"    percent="70" />
  <preference highway="track"      percent="30" />
  <preference highway="cycleway"   percent="0" />
  <preference highway="path"       percent="0" />
  <preference highway="steps"      percent="0" />
  <preference highway="ferry"      percent="0" />
</preferences>
<properties>
  <property type="paved"           percent="50" />
  <property type="multilane"       percent="60" />
  <property type="bridge"          percent="45" />
  <property type="tunnel"          percent="45" />
  <property type="footroute"       percent="40" />
  <property type="bicycleroute"    percent="40" />
</properties>
<restrictions>
  <oneway obey="1" />
  <turns obey="1" />
  <weight limit="0.0" />
  <height limit="0.0" />
  <width limit="0.0" />
  <length limit="0.0" />
</restrictions>
</profile>

<profile name="amb" transport="amb">
  <speeds>
    <speed highway="motorway"      kph="140" />
    <speed highway="trunk"         kph="120" />
    <speed highway="primary"       kph="110" />
    <speed highway="secondary"     kph="70" />
    <speed highway="tertiary"      kph="70" />
    <speed highway="unclassified"   kph="70" />
    <speed highway="residential"    kph="70" />
    <speed highway="service"       kph="70" />
    <speed highway="track"         kph="40" />
    <speed highway="cycleway"      kph="0" />
    <speed highway="path"          kph="0" />
    <speed highway="steps"         kph="0" />
    <speed highway="ferry"         kph="0" />
  </speeds>
  <preferences>
    <preference highway="motorway"   percent="100" />
    <preference highway="trunk"      percent="100" />
    <preference highway="primary"    percent="100" />
    <preference highway="secondary"  percent="90" />
    <preference highway="tertiary"   percent="60" />
    <preference highway="unclassified" percent="60" />
    <preference highway="residential" percent="60" />
  </preferences>
</profile>
```

```
<preference highway="service"          percent="60" />
<preference highway="track"            percent="10" />
<preference highway="cycleway"         percent="0" />
<preference highway="path"             percent="0" />
<preference highway="steps"            percent="0" />
<preference highway="ferry"            percent="0" />
</preferences>
<properties>
  <property type="paved"                 percent="90" />
  <property type="multilane"             percent="60" />
  <property type="bridge"                percent="50" />
  <property type="tunnel"                percent="50" />
  <property type="footroute"             percent="45" />
  <property type="bicycleroute"         percent="45" />
</properties>
<restrictions>
  <oneway obey="1" />
  <turns obey="1" />
  <weight limit="0.0" />
  <height limit="0.0" />
  <width limit="0.0" />
  <length limit="0.0" />
</restrictions>
</profile>

<profile name="logistic" transport="logistic">
  <speeds>
    <speed highway="motorway"           kph="100" />
    <speed highway="trunk"               kph="80" />
    <speed highway="primary"             kph="70" />
    <speed highway="secondary"           kph="30" />
    <speed highway="tertiary"            kph="30" />
    <speed highway="unclassified"        kph="30" />
    <speed highway="residential"         kph="30" />
    <speed highway="service"             kph="30" />
    <speed highway="track"               kph="20" />
    <speed highway="cycleway"           kph="0" />
    <speed highway="path"               kph="0" />
    <speed highway="steps"              kph="0" />
    <speed highway="ferry"              kph="0" />
  </speeds>
  <preferences>
    <preference highway="motorway"       percent="100" />
    <preference highway="trunk"          percent="100" />
    <preference highway="primary"        percent="100" />
    <preference highway="secondary"      percent="90" />
    <preference highway="tertiary"       percent="90" />
    <preference highway="unclassified"   percent="90" />
    <preference highway="residential"    percent="90" />
    <preference highway="service"        percent="90" />
    <preference highway="track"          percent="80" />
    <preference highway="cycleway"       percent="0" />
    <preference highway="path"           percent="0" />
    <preference highway="steps"          percent="0" />
    <preference highway="ferry"          percent="0" />
  </preferences>
  <properties>
    <property type="paved"                 percent="50" />
    <property type="multilane"             percent="60" />
    <property type="bridge"                percent="45" />
    <property type="tunnel"                percent="45" />
  </properties>
</profile>
```

```
    <property type="footroute"    percent="40" />
    <property type="bicycleroute" percent="40" />
</properties>
<restrictions>
  <oneway obey="1" />
  <turns  obey="1" />
  <weight limit="0.0" />
  <height limit="0.0" />
  <width  limit="0.0" />
  <length limit="0.0" />
</restrictions>
</profile>

<profile name="lift" transport="lift">
  <speeds>
    <speed highway="motorway"    kph="80" />
    <speed highway="trunk"       kph="70" />
    <speed highway="primary"     kph="60" />
    <speed highway="secondary"   kph="30" />
    <speed highway="tertiary"    kph="30" />
    <speed highway="unclassified" kph="30" />
    <speed highway="residential" kph="30" />
    <speed highway="service"     kph="30" />
    <speed highway="track"       kph="20" />
    <speed highway="cycleway"    kph="0"  />
    <speed highway="path"        kph="0"  />
    <speed highway="steps"       kph="0"  />
    <speed highway="ferry"       kph="0"  />
  </speeds>
  <preferences>
    <preference highway="motorway"    percent="100" />
    <preference highway="trunk"       percent="100" />
    <preference highway="primary"     percent="100" />
    <preference highway="secondary"   percent="60"  />
    <preference highway="tertiary"    percent="60"  />
    <preference highway="unclassified" percent="60"  />
    <preference highway="residential" percent="60"  />
    <preference highway="service"     percent="60"  />
    <preference highway="track"       percent="30"  />
    <preference highway="cycleway"    percent="0"   />
    <preference highway="path"        percent="0"   />
    <preference highway="steps"       percent="0"   />
    <preference highway="ferry"       percent="0"   />
  </preferences>
  <properties>
    <property type="paved"          percent="50" />
    <property type="multilane"      percent="60" />
    <property type="bridge"         percent="45" />
    <property type="tunnel"         percent="45" />
    <property type="footroute"      percent="40" />
    <property type="bicycleroute"   percent="40" />
  </properties>
  <restrictions>
    <oneway obey="1" />
    <turns  obey="1" />
    <weight limit="0.0" />
    <height limit="0.0" />
    <width  limit="0.0" />
    <length limit="0.0" />
  </restrictions>
</profile>
```

</routino-profiles>

Código A2: Ficheiro XML para a criação de diferentes regras de tagging.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>

<routino-tagging xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://www.routino.org/xml/routino-
tagging.xsd">

  <!-- ----- Node rules ----- -->

  <node>

    <!-- Note: The default is that all transport types are allowed
past a barrier; access must be specified to disallow each transport
type. -->

    <!-- Barriers -->

    <if k="barrier" v="bollard">
      <output k="wheelchair"      v="no"/>
      <output k="bicycle"         v="no"/>
      <output k="motorbike"       v="no"/>
      <output k="motorcar"        v="no"/>
      <output k="firefv"          v="no"/>
      <output k="command"         v="no"/>
      <output k="motorbikeinem"   v="no"/>
      <output k="personal"        v="no"/>
      <output k="amb"             v="no"/>
      <output k="logistic"        v="no"/>
      <output k="lift"            v="no"/>

      <unset k="barrier"/>
    </if>

    <if k="barrier" v="block">
      <output k="wheelchair"      v="no"/>
      <output k="bicycle"         v="no"/>
      <output k="motorbike"       v="no"/>
      <output k="motorcar"        v="no"/>
      <output k="firefv"          v="no"/>
      <output k="command"         v="no"/>
      <output k="motorbikeinem"   v="no"/>
      <output k="personal"        v="no"/>
      <output k="amb"             v="no"/>
      <output k="logistic"        v="no"/>
      <output k="lift"            v="no"/>

      <unset k="barrier"/>
    </if>

    <if k="barrier" v="kissing_gate">
```

```
<set v="foot_only" />
</if>

<if k="barrier" v="stile">
  <set v="foot_only" />
</if>

<if k="barrier" v="turnstile">
  <set v="foot_only" />
</if>

<if k="barrier" v="footgate">
  <set v="foot_only" />
</if>

<if k="barrier" v="foot_only">

  <output k="wheelchair"      v="no" />
  <output k="bicycle"         v="no" />
  <output k="motorbike"      v="no" />
  <output k="motorcar"       v="no" />
  <output k="firefv"         v="no" />
  <output k="command"        v="no" />
  <output k="motorbikeinem"  v="no" />
  <output k="personal"       v="no" />
  <output k="amb"            v="no" />
  <output k="logistic"       v="no" />
  <output k="lift"           v="no" />

  <unset k="barrier" />
</if>

<if k="barrier" v="cycle_barrier">

  <output k="wheelchair"      v="no" />
  <output k="bicycle"         v="no" />
  <output k="motorbike"      v="no" />
  <output k="motorcar"       v="no" />
  <output k="firefv"         v="no" />
  <output k="command"        v="no" />
  <output k="motorbikeinem"  v="no" />
  <output k="personal"       v="no" />
  <output k="amb"            v="no" />
  <output k="logistic"       v="no" />
  <output k="lift"           v="no" />

  <unset k="barrier" />
</if>

<if k="barrier" v="block">

  <output k="foot"           v="no" />
  <output k="wheelchair"     v="no" />
  <output k="bicycle"        v="no" />
  <output k="motorbike"      v="no" />
  <output k="motorcar"       v="no" />
  <output k="firefv"         v="no" />
  <output k="command"        v="no" />
  <output k="motorbikeinem"  v="no" />
  <output k="personal"       v="no" />
```



```
<output k="amb" v="no"/>
<output k="logistic" v="no"/>
<output k="lift" v="no"/>

<unset k="barrier"/>
</if>

<if k="barrier" v="car_trap">
  <output k="motorbike" v="no"/>
  <output k="motorcar" v="no"/>
  <output k="firefv" v="no"/>
  <output k="command" v="no"/>
  <output k="motorbikeinem" v="no"/>
  <output k="personal" v="no"/>
  <output k="amb" v="no"/>
  <output k="logistic" v="no"/>
  <output k="lift" v="no"/>

  <unset k="barrier"/>
</if>

<!-- Normalisation of access tags -->

<if v="designated" ><set v="yes"/></if>
<if v="permissive" ><set v="yes"/></if>
<if v="destination"><set v="yes"/></if>
<if v="true" ><set v="yes"/></if>
<if v="public" ><set v="yes"/></if>
<if v="official" ><set v="yes"/></if>

<if v="private" ><set v="no"/></if>

<!-- Generic access permissions for all transport types (to
override defaults) -->

<if k="access">
  <set k="noaccess" v="yes"/>
</if>

<if k="access" v="yes">
  <set k="noaccess" v="no"/>
</if>

<if k="noaccess" v="yes">
  <output k="foot" v="no"/>
  <output k="wheelchair" v="no"/>
  <output k="bicycle" v="no"/>
  <output k="motorbike" v="no"/>
  <output k="motorcar" v="no"/>
  <output k="firefv" v="no"/>
  <output k="command" v="no"/>
  <output k="motorbikeinem" v="no"/>
  <output k="personal" v="no"/>
  <output k="amb" v="no"/>
  <output k="logistic" v="no"/>
  <output k="lift" v="no"/>
</if>
```

```
<!-- Specific access rules (to override the generic ones) -->

<if k="foot" ><output/></if>
<if k="wheelchair" ><output/></if>
<if k="bicycle" ><output/></if>
<if k="motorbike" ><output/></if>
<if k="motorcar" ><output/></if>
<if k="firefv" ><output/></if>
<if k="command" ><output/></if>
<if k="motorbikeinem" ><output/></if>
<if k="personal" ><output/></if>
<if k="amb" ><output/></if>
<if k="logistic" ><output/></if>
<if k="lift" ><output/></if>

<!-- Mini-roundabouts -->

<if k="highway" v="mini_roundabout">
  <output/>
</if>

</node>

<!-- ----- Way rules ----- -->

<way>

  <!-- Note: The default is that no transport type is allowed on any
  highway; access must be specified to allow each transport type. -->

  <if k="highway">
    <output/>
  </if>

  <if>
    <set k="not_highway" v="yes"/>
  </if>

  <if k="highway">
    <unset k="not_highway"/>
  </if>

  <!-- Highway types (includes default access and default
  properties) -->

  <if k="highway" v="motorway_link">
    <set v="motorway"/>
  </if>

  <if k="highway" v="motorway">
    <output k="highway"/>

    <output k="motorbike" v="yes"/>
    <output k="motorcar" v="yes"/>
    <output k="firefv" v="yes"/>
    <output k="command" v="yes"/>
    <output k="motorbikeinem" v="yes"/>
    <output k="personal" v="yes"/>
    <output k="amb" v="yes"/>
    <output k="logistic" v="yes"/>
    <output k="lift" v="yes"/>
```

```
<output k="paved" v="yes" />
<output k="multilane" v="yes" />
<output k="oneway" v="yes" />
</if>

<if k="highway" v="trunk_link">
  <set v="trunk" />
</if>

<if k="highway" v="trunk">
  <output k="highway" />

  <output k="foot" v="yes" />
  <output k="wheelchair" v="yes" />
  <output k="bicycle" v="yes" />
  <output k="motorbike" v="yes" />
  <output k="motorcar" v="yes" />
  <output k="firefv" v="yes" />
  <output k="command" v="yes" />
  <output k="motorbikeinem" v="yes" />
  <output k="personal" v="yes" />
  <output k="amb" v="yes" />
  <output k="logistic" v="yes" />
  <output k="lift" v="yes" />

  <output k="paved" v="yes" />
</if>

<if k="highway" v="primary_link">
  <set v="primary" />
</if>

<if k="highway" v="primary">
  <output k="highway" />

  <output k="foot" v="yes" />
  <output k="wheelchair" v="yes" />
  <output k="bicycle" v="yes" />
  <output k="motorbike" v="yes" />
  <output k="motorcar" v="yes" />
  <output k="firefv" v="yes" />
  <output k="command" v="yes" />
  <output k="motorbikeinem" v="yes" />
  <output k="personal" v="yes" />
  <output k="amb" v="yes" />
  <output k="logistic" v="yes" />
  <output k="lift" v="yes" />

  <output k="paved" v="yes" />

</if>

<if k="highway" v="secondary_link">
  <set v="secondary" />
</if>

<if k="highway" v="secondary">
  <output k="highway" />
```

```
<output k="foot" v="yes" />
<output k="wheelchair" v="yes" />
<output k="bicycle" v="yes" />
<output k="motorbike" v="yes" />
<output k="motorcar" v="yes" />
<output k="firefv" v="yes" />
<output k="command" v="yes" />
<output k="motorbikeinem" v="yes" />
<output k="personal" v="yes" />
<output k="amb" v="yes" />
<output k="logistic" v="yes" />
<output k="lift" v="yes" />

<output k="paved" v="yes" />

</if>

<if k="highway" v="tertiary_link">
  <set v="tertiary" />
</if>

<if k="highway" v="tertiary">
  <output k="highway" />

  <output k="foot" v="yes" />
  <output k="wheelchair" v="yes" />
  <output k="bicycle" v="yes" />
  <output k="motorbike" v="yes" />
  <output k="motorcar" v="yes" />
  <output k="firefv" v="yes" />
  <output k="command" v="yes" />
  <output k="motorbikeinem" v="yes" />
  <output k="personal" v="yes" />
  <output k="amb" v="yes" />
  <output k="logistic" v="yes" />
  <output k="lift" v="yes" />

  <output k="paved" v="yes" />
</if>

<if k="highway" v="minor">
  <set k="highway" v="unclassified" />
</if>

<if k="highway" v="road">
  <set k="highway" v="unclassified" />
</if>

<if k="highway" v="unclassified">
  <output k="highway" />

  <output k="foot" v="yes" />
  <output k="wheelchair" v="yes" />
  <output k="bicycle" v="yes" />
  <output k="motorbike" v="yes" />
  <output k="motorcar" v="yes" />
  <output k="firefv" v="yes" />
  <output k="command" v="yes" />
  <output k="motorbikeinem" v="yes" />
  <output k="personal" v="yes" />
```

```
<output k="amb" v="yes" />
<output k="logistic" v="yes" />
<output k="lift" v="yes" />

<output k="paved" v="yes" />
</if>

<if k="highway" v="living_street">
  <set k="highway" v="residential" />
</if>

<if k="highway" v="residential">
  <output k="highway" />

  <output k="foot" v="yes" />
  <output k="wheelchair" v="yes" />
  <output k="bicycle" v="yes" />
  <output k="motorbike" v="yes" />
  <output k="motorcar" v="yes" />
  <output k="firefv" v="yes" />
  <output k="command" v="yes" />
  <output k="motorbikeinem" v="yes" />
  <output k="personal" v="yes" />
  <output k="amb" v="yes" />
  <output k="logistic" v="yes" />
  <output k="lift" v="yes" />

  <output k="paved" v="yes" />
</if>

<if k="highway" v="services">
  <set k="highway" v="service" />
</if>

<if k="highway" v="service">
  <output k="highway" />

  <output k="foot" v="yes" />
  <output k="wheelchair" v="yes" />
  <output k="bicycle" v="yes" />
  <output k="motorbike" v="yes" />
  <output k="motorcar" v="yes" />
  <output k="firefv" v="yes" />
  <output k="command" v="yes" />
  <output k="motorbikeinem" v="yes" />
  <output k="personal" v="yes" />
  <output k="amb" v="yes" />
  <output k="logistic" v="yes" />
  <output k="lift" v="yes" />

  <output k="paved" v="yes" />
</if>

<if k="highway" v="byway">
  <set k="highway" v="track" />
</if>

<if k="highway" v="unsurfaced">
  <set k="highway" v="track" />
</if>
```

```
<if k="highway" v="unpaved">
  <set k="highway" v="track"/>
</if>

<if k="highway" v="track">
  <output k="highway"/>

  <output k="foot" v="yes"/>
  <output k="wheelchair" v="yes"/>
  <output k="bicycle" v="yes"/>
  <output k="motorbike" v="yes"/>
  <output k="motorcar" v="yes"/>
  <output k="firefv" v="yes"/>
  <output k="command" v="yes"/>
  <output k="motorbikeinem" v="yes"/>
  <output k="personal" v="yes"/>
  <output k="amb" v="yes"/>
  <output k="logistic" v="yes"/>
  <output k="lift" v="yes"/>
</if>

<if k="tracktype" v="gradel">
  <output k="paved" v="yes"/>
</if>

<if k="highway" v="cycleway">
  <output k="highway"/>

  <output k="foot" v="yes"/>
  <output k="wheelchair" v="yes"/>
  <output k="bicycle" v="yes"/>

  <output k="paved" v="yes"/>
</if>

<if k="highway" v="footway">
  <set k="highway" v="path"/>
</if>

<if k="highway" v="pedestrian">
  <set k="highway" v="path"/>

  <output k="paved" v="yes"/>
</if>

<if k="highway" v="walkway">
  <set k="highway" v="path"/>

  <output k="paved" v="yes"/>
</if>

<if k="highway" v="path">
  <output k="highway"/>

  <output k="foot" v="yes"/>
  <output k="wheelchair" v="yes"/>
  <output k="firefv" v="yes"/>
</if>

<if k="highway" v="steps">
```

```
<output k="highway" />

<output k="foot"          v="yes" />
</if>

<if k="junction" v="roundabout">
  <output k="oneway" v="yes" />
</if>

<if k="route" v="ferry">
  <output k="highway" v="ferry" />
</if>

<!-- Normalisation of access tags -->

<if v="designated" ><set v="yes" /></if>
<if v="permissive" ><set v="yes" /></if>
<if v="destination"><set v="yes" /></if>
<if v="true"       ><set v="yes" /></if>
<if v="public"    ><set v="yes" /></if>
<if v="official"  ><set v="yes" /></if>

<if v="private"   ><set v="no" /></if>

<!-- Generic access permissions for all transport types (to
override defaults) -->

<if k="access">
  <set k="noaccess" v="yes" />
</if>

<if k="access" v="yes">
  <set k="noaccess" v="no" />
</if>

<if k="noaccess" v="yes">
  <output k="foot"          v="no" />
  <output k="wheelchair"   v="no" />
  <output k="bicycle"      v="no" />
  <output k="motorbike"    v="no" />
  <output k="motorcar"     v="no" />
  <output k="firefv"       v="no" />
  <output k="command"      v="no" />
  <output k="motorbikeinem" v="no" />
  <output k="personal"     v="no" />
  <output k="amb"          v="no" />
  <output k="logistic"     v="no" />
  <output k="lift"         v="no" />
</if>

<!-- Normalisation of property tags -->

<if k="surface" v="paved">          <set k="paved" v="yes" /> <unset
k="surface" /> </if>
<if k="surface" v="concrete">      <set k="paved" v="yes" /> <unset
k="surface" /> </if>
<if k="surface" v="cement">        <set k="paved" v="yes" /> <unset
k="surface" /> </if>
```

```
<if k="surface" v="asphalt"> <set k="paved" v="yes"/> <unset
k="surface"/> </if>
<if k="surface" v="tarmac"> <set k="paved" v="yes"/> <unset
k="surface"/> </if>
<if k="surface" v="metalled"> <set k="paved" v="yes"/> <unset
k="surface"/> </if>
<if k="surface" v="paving_stones"> <set k="paved" v="yes"/> <unset
k="surface"/> </if>
<if k="surface" v="bricks"> <set k="paved" v="yes"/> <unset
k="surface"/> </if>

<if k="surface" v="unpaved"> <set k="paved" v="no"/> <unset
k="surface"/> </if>
<if k="surface" v="grass"> <set k="paved" v="no"/> <unset
k="surface"/> </if>
<if k="surface" v="ground"> <set k="paved" v="no"/> <unset
k="surface"/> </if>
<if k="surface" v="earth"> <set k="paved" v="no"/> <unset
k="surface"/> </if>
<if k="surface" v="dirt"> <set k="paved" v="no"/> <unset
k="surface"/> </if>
<if k="surface" v="soil"> <set k="paved" v="no"/> <unset
k="surface"/> </if>
<if k="surface" v="mud"> <set k="paved" v="no"/> <unset
k="surface"/> </if>
<if k="surface" v="stones"> <set k="paved" v="no"/> <unset
k="surface"/> </if>
<if k="surface" v="gravel"> <set k="paved" v="no"/> <unset
k="surface"/> </if>
<if k="surface" v="sand"> <set k="paved" v="no"/> <unset
k="surface"/> </if>
<if k="surface" v="cobblestone"> <set k="paved" v="no"/> <unset
k="surface"/> </if>
<if k="surface" v="pebbles"> <set k="paved" v="no"/> <unset
k="surface"/> </if>

<if k="not_highway">
  <unset k="surface"/>
</if>

<if k="surface">
  <logerror/>
</if>

<if k="lanes">
  <set k="multilane" v="yes"/>
</if>

<if k="lanes" v="1">
  <set k="multilane" v="no"/>
</if>

<!-- Specific property rules (to override the default ones) -->

<if k="paved" ><output/></if>
<if k="multilane"><output/></if>

<if k="bridge" v="arch"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="bascule"> <set v="yes"/></if>
```



```
<if k="bridge" v="drawbridge"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="footbridge"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="gangway"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="humpback"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="lifting"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="stepping_stones"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="suspension"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="swing"> <set v="yes"/></if>
<if k="bridge" v="viaduct"> <set v="yes"/></if>
```

```
<if k="bridge"><output/></if>
```

```
<if k="tunnel" v="underpass"> <set v="yes"/></if>
```

```
<if k="tunnel"><output/></if>
```

<!-- The "footroute" and "bicycleroute" properties can be set here, but normally they are set by the relation rules. -->

```
<!-- Output the restriction tags -->
```

```
<if k="oneway"><output/></if>
```

```
<if k="maxspeed"><output/></if>
```

```
<if k="maxweight"><output/></if>
```

```
<if k="maxheight"><output/></if>
```

```
<if k="maxwidth" ><output/></if>
```

```
<if k="maxlength"><output/></if>
```

```
<!-- Output the name and reference tags -->
```

```
<if k="name"><output/></if>
```

```
<if k="ref" ><output/></if>
```

```
</way>
```

```
<!-- ----- Relation rules ----- -->
```

```
<relation>
```

```
<if k="type">
```

```
<output/>
```

```
</if>
```

```
<!-- Copy route relations -->
```

```
<if k="route" v="foot">
```

```
<output k="footroute" v="yes"/>
```

```
</if>
```

```
<if k="route" v="walking">
```

```
<output k="footroute" v="yes"/>
```

```
</if>
```

```
<if k="route" v="hiking">
```

```
<output k="footroute" v="yes"/>
```

```
</if>
```

```
<if k="route" v="foot;bicycle">
```

```
<output k="footroute" v="yes"/>
```

```
    <output k="bicycleroute" v="yes" />
  </if>

  <if k="route" v="bicycle;foot">
    <output k="footroute" v="yes" />
    <output k="bicycleroute" v="yes" />
  </if>

  <if k="route" v="bicycle">
    <output k="bicycleroute" v="yes" />
  </if>

  <!-- Pass through turn relations -->

  <if k="restriction">
    <output />
  </if>

</relation>

</routino-tagging>
```

Código A3: Ficheiro XML Schema para o ficheiro profiles.xml.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<xsd:schema elementFormDefault="qualified"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">

  <!-- The top level Routino profiles -->

  <xsd:element name="routino-profiles" type="RoutinoProfilesType"/>

  <xsd:complexType name="RoutinoProfilesType">
    <xsd:sequence>
      <xsd:element name="profile" type="profileType" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded" />
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>

  <xsd:complexType name="profileType">
    <xsd:sequence>
      <xsd:element name="speeds" type="speedsType" />
      <xsd:element name="preferences" type="preferencesType" />
      <xsd:element name="properties" type="propertiesType" />
      <xsd:element name="restrictions" type="restrictionsType" />
    </xsd:sequence>
    <xsd:attribute name="name" type="xsd:string" />
    <xsd:attribute name="transport" type="xsd:string" />
  </xsd:complexType>

  <!-- The second level preferences, speed, properties and
restrictions -->

  <xsd:complexType name="speedsType">
    <xsd:sequence>
      <xsd:element name="speed" type="speedType"
maxOccurs="unbounded" />
    </xsd:sequence>
```

```
</xsd:complexType>

<xsd:complexType name="preferencesType">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element name="preference" type="preferenceType"
maxOccurs="unbounded"/>
  </xsd:sequence>
</xsd:complexType>

<xsd:complexType name="propertiesType">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element name="property" type="propertyType"
maxOccurs="unbounded"/>
  </xsd:sequence>
</xsd:complexType>

<xsd:complexType name="restrictionsType">
  <xsd:sequence>
    <xsd:element name="oneway" type="onewayType"/>
    <xsd:element name="turns" type="turnsType"/>
    <xsd:element name="weight" type="weightType"/>
    <xsd:element name="height" type="heightType"/>
    <xsd:element name="width" type="widthType"/>
    <xsd:element name="length" type="lengthType"/>
  </xsd:sequence>
</xsd:complexType>

<!-- The lowest level elements containing the real information -->

<xsd:complexType name="speedType">
  <xsd:attribute name="highway" type="xsd:string"/>
  <xsd:attribute name="kph" type="xsd:string"/>
</xsd:complexType>

<xsd:complexType name="preferenceType">
  <xsd:attribute name="highway" type="xsd:string"/>
  <xsd:attribute name="percent" type="xsd:string"/>
</xsd:complexType>

<xsd:complexType name="propertyType">
  <xsd:attribute name="type" type="xsd:string"/>
  <xsd:attribute name="percent" type="xsd:string"/>
</xsd:complexType>

<xsd:complexType name="onewayType">
  <xsd:attribute name="obey" type="xsd:string"/>
</xsd:complexType>

<xsd:complexType name="turnsType">
  <xsd:attribute name="obey" type="xsd:string"/>
</xsd:complexType>

<xsd:complexType name="weightType">
  <xsd:attribute name="limit" type="xsd:string"/>
</xsd:complexType>

<xsd:complexType name="heightType">
  <xsd:attribute name="limit" type="xsd:string"/>
</xsd:complexType>

<xsd:complexType name="widthType">
```

```
<xsd:attribute name="limit" type="xsd:string"/>
</xsd:complexType>

<xsd:complexType name="lengthType">
  <xsd:attribute name="limit" type="xsd:string"/>
</xsd:complexType>

</xsd:schema>
```

Código A4: Ficheiro XML Schema para o ficheiro tagging.xml.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>

<xsd:schema elementFormDefault="qualified"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">

  <!-- The top level Routino tagging rules -->

  <xsd:element name="routino-tagging" type="RoutinoTaggingType"/>

  <xsd:complexType name="RoutinoTaggingType">
    <xsd:sequence>
      <xsd:element name="node" type="NodeType"/>
      <xsd:element name="way" type="WayType"/>
      <xsd:element name="relation" type="RelationType"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>

  <!-- The second level node, way and relation tagging rules -->

  <xsd:complexType name="NodeType">
    <xsd:sequence>
      <xsd:element name="if" type="IfType" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>

  <xsd:complexType name="WayType">
    <xsd:sequence>
      <xsd:element name="if" type="IfType" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>

  <xsd:complexType name="RelationType">
    <xsd:sequence>
      <xsd:element name="if" type="IfType" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>

  <!-- The if tag and its contents -->

  <xsd:complexType name="IfType">
    <xsd:sequence>
      <xsd:element name="set" type="SetType" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
```

```
<xsd:element name="unset" type="UnsetType" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded"/>
<xsd:element name="output" type="OutputType" minOccurs="0"
maxOccurs="unbounded"/>
<xsd:element name="logerror" type="LogErrorType" minOccurs="0"
maxOccurs="1"/>
</xsd:sequence>
<xsd:attribute name="k" type="xsd:string"/>
<xsd:attribute name="v" type="xsd:string"/>
</xsd:complexType>

<xsd:complexType name="SetType">
<xsd:attribute name="k" type="xsd:string"/>
<xsd:attribute name="v" type="xsd:string"/>
</xsd:complexType>

<xsd:complexType name="UnsetType">
<xsd:attribute name="k" type="xsd:string"/>
</xsd:complexType>

<xsd:complexType name="OutputType">
<xsd:attribute name="k" type="xsd:string"/>
<xsd:attribute name="v" type="xsd:string"/>
</xsd:complexType>

<xsd:complexType name="LogErrorType">
<xsd:attribute name="k" type="xsd:string"/>
<xsd:attribute name="v" type="xsd:string"/>
</xsd:complexType>

</xsd:schema>
```