



# GPS Telematics

Carlos Piedade

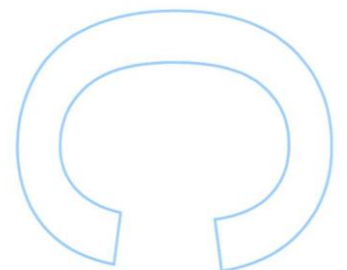
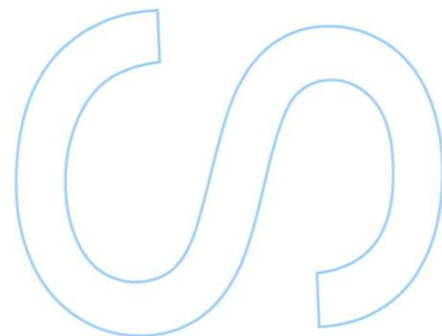
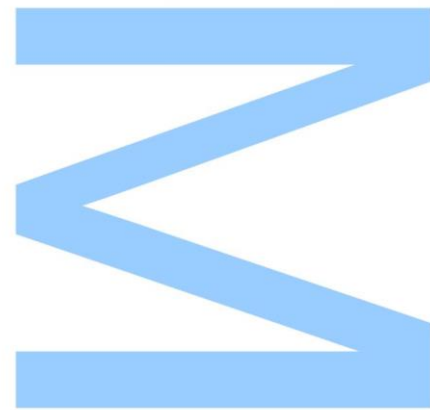
Mestrado Integrado em Engenharia de Redes e Sistemas Informáticos  
Departamento de Ciência de Computadores  
2015

**Orientador**

Engº José Damásio Nunes, Deloitte

**Coorientador**

Prof. Sérgio Crisóstomo, DCC-FCUP

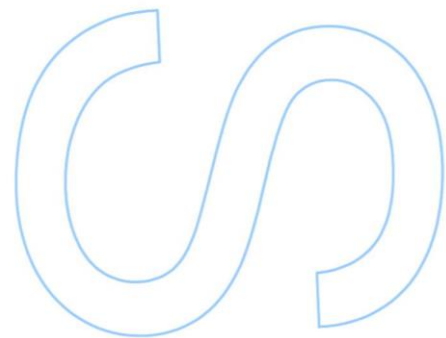
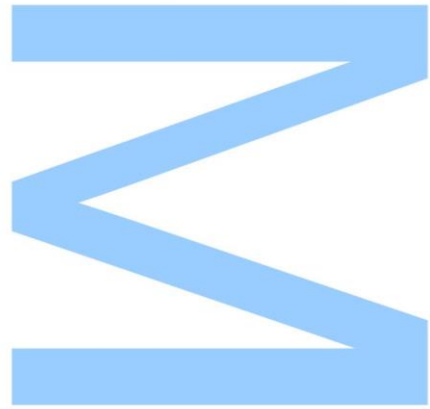




Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_



# Agradecimentos

Chegou finalmente a altura em que poderei registar todos os agradecimentos que fui acumulando ao longo dos últimos anos. O agradecimento define-se como a demonstração da nossa gratidão para com os outros. Quero portanto demonstrar a minha eterna gratidão aos meus pais pela forma feliz de como me educaram e pelas condições e oportunidades que sempre me deram para hoje aqui chegar. Aos meus dois irmãos pelo carinho que me foram transmitindo, direta ou indiretamente.

Ao meu grande amigo Luis que comigo participou na vida universitária e que sempre me acompanhou com a sua grande nobreza na minha vida pessoal. Aos meus amigos Nuno e Jorge pela sua amizade durante o decorrer do curso, pela sua disponibilidade e boa vontade.

Mais diretamente ligado com este trabalho, quero transmitir uma palavra de apreço ao Damásio pela forma de como me guiou, ensinou e mais importante ainda, pela forma de como sempre foi um verdadeiro *role model*. Não posso também deixar de agradecer ao Professor Sérgio Crisóstomo que me ensinou a refletir e a pensar de forma mais clara e precisa.

A todos os outros que fazem parte da minha vida - obrigado.

*“A estrada é longa, vazia, cheia e preenchida. A estrada tem gente que vai e gente que vem. Gente que se encontra, gente que se despista, gente que chora e gente que canta. A estrada tem marcas, tem traços, tem mundo. Teve-me a mim, tem-me a mim e a mim me terá. Eu ando pela estrada, eu sinto a minha vida nessa estrada.”*

**– Carlos Piedade**



# Abstract

This project fits in the car insurance industry and aims to develop a mobile application for Android able to calculate optimal routes on the basis of safety criteria and provide accident risk information in real time.

Initially, we proceeded to the analysis and research of information related with accidents risk. We studied the creation of mathematical models which use risk information in order to adapt Dijkstra's algorithm to solve the problem about the shortest route calculation based on safety criteria. We have also studied and implemented a mathematical model based on statistical data of accidents in Lisbon to calculate the risk of having a car accident.

Later, a spatial database was created in order to store geographic information of roads and respective car accident risk. Thus, it was possible to associate a cost related to the probability of an accident occurring. We also developed a *web* service to make available the calculated routes and risk information to the mobile client.

In the end, we proceeded to the implementation of our mobile application GPS Telematics. We developed screens and features for authentication, vehicle selection, route calculation and provision of risk information based on time, day of week, accident level of driver's position and overall risk of an accident.

## Keywords

Telematics, routing optimizations, mobile application



# Resumo

Este projeto está enquadrado na indústria de seguros automóveis e tem como finalidade o desenvolvimento de uma aplicação móvel para *Android* capaz de calcular rotas otimizadas em função de critérios de segurança e fornecer informação de risco de sinistralidade em tempo real.

Numa primeira fase, procedeu-se à análise e investigação de informação relativa ao risco de sinistralidade. Estudaram-se modelos matemáticos que fizessem uso da informação de risco de forma a adaptar o algoritmo de Dijkstra para que este resolvesse o problema do cálculo do caminho mais curto em função de critérios de segurança. Foi também definido um modelo matemático com base em dados estatísticos de sinistralidade em Lisboa, de forma a calcular o risco de acidentes.

Posteriormente foi criada uma base de dados espacial para registo de informação geográfica das ruas e do respetivo risco de acidente. Desta forma, foi possível associar um custo relativo à probabilidade de ocorrência de sinistro. Desenvolveu-se também um serviço *web* para que as rotas calculadas e informação de risco pudessem ser disponibilizadas ao cliente móvel.

No final, procedeu-se à implementação da aplicação móvel GPS Telematics. Foram desenvolvidos ecrãs e funcionalidades para autenticação, seleção do veículo, cálculo de rotas e disponibilização de informação do risco em função da hora, dia da semana, nível de sinistralidade do local e o risco global de acidente.

## Palavras-chave

Telemática, otimização de rotas, aplicação móvel





# Índice

Agradecimentos .....	1
Abstract .....	3
Resumo .....	5
Índice .....	7
Lista de figuras .....	9
Lista de tabelas .....	11
Acrónimos .....	13
Introdução .....	15
1.1. Informação do Estágio .....	15
1.2. Âmbito e objetivos .....	16
1.3. Principais contribuições .....	16
1.4. Estrutura do documento .....	17
Estado da arte .....	19
2.1. Introdução .....	19
2.2. Telemática nos veículos automóveis .....	20
2.3. Serviços de telemática nos seguros automóveis .....	22
2.4. Conclusões .....	25
Desenho Conceptual .....	27
3.1. Definição do problema para o cálculo de rotas .....	27
3.1.1. Informação de segurança rodoviária .....	28
3.1.2. Risco dos feridos por dia e por comprimento .....	31
3.1.3. Risco da superfície em função da situação meteorológica .....	32
3.1.4. Fórmula para definição do custo das estradas .....	33
3.2. Modelo para cálculo do risco posicional .....	35
3.2.1. Modelo de disponibilização de informação de risco .....	35

3.3. Requisitos funcionais da aplicação móvel .....	38
3.4. Conclusões .....	39
Desenvolvimento.....	41
4.1. Arquitetura geral da solução.....	41
4.1.1. Base de dados espacial .....	42
4.1.2. Serviço de meteorologia.....	45
4.1.3. Servidor aplicacional .....	45
4.1.4. Serviço de mapas <i>Android</i> .....	45
4.2. Processamento dos dados da ANSR .....	46
4.3. Implementação da base de dados espacial.....	49
4.3.1. Custo dos feridos por dia e por quilómetro .....	51
4.3.2. Custo da superfície em função do estado meteorológico .....	52
4.4. Servidor.....	53
4.4.1. Cálculo de rotas .....	53
4.4.2. Comunicação cliente-servidor no serviço de rotas .....	56
4.4.2. Classificação do risco em função da posição .....	59
4.4.3. Comunicação cliente-servidor para o cálculo do risco posicional .....	60
4.5. Aplicação móvel .....	62
4.5.1. Cálculo de rotas .....	64
4.5.2. Disponibilização de informação de risco .....	69
4.6. Testes .....	71
Conclusão .....	74
5.1. Objetivos alcançados .....	74
5.2. Trabalhos futuros .....	76
Bibliografia .....	78
Anexos .....	82
A – Plano de trabalho .....	82

## Lista de figuras

Fig. 1 - Grafo conceptualizado para o cálculo do caminho mais curto baseado em critérios de segurança.....	35
Fig. 2 - Arquitetura geral da solução.....	42
Fig. 3 – Excerto da classe <i>Claim</i> . .....	47
Fig. 4 - Código para inserção da <i>tag</i> (k="risk",v= FDK).....	48
Fig. 5 - Exemplo da inserção da <i>tag</i> de risco na rua Elias Garcia, Lisboa. ....	48
Fig. 6 - Importação de um mapa OSM para uma base de dados <i>PostGIS</i> [39].....	49
Fig. 7 – Diagrama da base de dados espacial do OSM. ....	50
Fig. 8 - Inserção do risco das ruas na base de dados espacial. ....	52
Fig. 9 - Aplicação do estado meteorológico para cálculo de rotas otimizadas em função de critérios de segurança. ....	54
Fig. 10 - Expressão <i>XPATH</i> para recolha do estado meteorológico .....	55
Fig. 11 - Diagrama de mensagens de um pedido de rota .....	57
Fig. 12 - Diagrama de mensagens do pedido de informação de risco. ....	61
Fig. 13 - Fluxo aplicacional da aplicação GPS Telematics.....	63
Fig. 14 - Função <i>List&lt;Address&gt; getLocation(String fromAddress, List&lt;Address&gt; originGeocoding)</i> . ....	66
Fig. 15 - Método <i>onPostExecute( ArrayList&lt;ArrayList&lt;LatLng&gt;&gt; RouteResults)</i> . ....	67
Fig. 16 - Definição dos pontos e cor da rota com o caminho mais curto em função de critérios de segurança.....	68
Fig. 17 – Menu de escolha de atividades e ecrã de cálculo de rotas entre o Campo Pequeno, Lisboa e Expo, Lisboa.....	68
Fig. 18 - Ecrã para visualização do risco. ....	69
Fig. 19 - Código para obter a posição através do sensor GPS. ....	70
Fig. 20 - Classe e construtor <i>RiskInfo</i> .....	71



## Lista de tabelas

Tabela 1 – Produtos de seguros automóveis de telemática automóvel. ....	24
Tabela 2 - Excerto do registo de sinistros do distrito de Lisboa, 2013 [30]. ....	29
Tabela 3 - Acidentes e vítimas segundo a hora [30]. ....	31
Tabela 4 - Índice de gravidade dos meses do ano Lisboa [30] .....	36
Tabela 5 – Índice de gravidade dos dias da semana em Lisboa, 2013.....	36
Tabela 6 - Índice de gravidade em função da hora, Lisboa 2013 [2].....	37
Tabela 7 - Descrição dos componentes do modelo de dados OSM. ....	44
Tabela 8 - Opções da ferramenta osm2pgrouting [39].....	49
Tabela 9 - Parâmetros utilizados na função pgr_dijkstra. ....	58
Tabela 10 - Custos aplicados aos meses do ano. ....	60
Tabela 11 - Estados da aplicação GPS Telematics. ....	63



# Acrónimos

<b>ANSR</b>	Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária
<b>API</b>	<i>Application Programming Interface</i>
<b>CSM</b>	Custo da superfície em função da meteorologia
<b>DRV</b>	Diagnóstico Remoto de Veículos
<b>FDK</b>	Feridos por dia e quilómetro
<b>GPRS</b>	<i>General Packet Radio Services</i>
<b>GPS</b>	<i>Global Positioning System</i>
<b>HTTP</b>	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
<b>IIS</b>	<i>Internet Information Services</i>
<b>JSON</b>	<i>Javascript Object Notation</i>
<b>OBD</b>	<i>On-Board Diagnostic</i>
<b>OSM</b>	<i>Open Street Maps</i>
<b>OWM</b>	<i>Open Weather Maps</i>
<b>REST</b>	<i>Representational State Transfer</i>
<b>SBU</b>	Seguros Baseados no Uso
<b>SDK</b>	<i>Software Development Kit</i>
<b>SQL</b>	<i>Structured Query Language</i>
<b>TRL</b>	<i>Transport Reseach Laboratory</i>
<b>UI</b>	<i>User interface</i>
<b>UMTS</b>	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>
<b>URL</b>	<i>Uniform Resource Locator</i>
<b>WI-FI</b>	<i>Wireless Fidelity</i>
<b>XML</b>	<i>Extensible Mark-up Language</i>





## Capítulo 1

# Introdução

Este projeto enquadra-se na indústria de seguros, mais especificamente no ramo de seguros automóveis. O desenvolvimento da aplicação móvel proposta para este trabalho surge como resposta às novas necessidades das seguradoras, que pretendem encontrar alternativas tecnologicamente viáveis para rentabilizar o seu negócio e melhorar a relação com os seus clientes.

O trabalho enquadra-se em duas vertentes/serviços: **i)** o cálculo de rotas otimizadas em função de critérios de segurança e **ii)** disponibilização de informação associada ao risco da condução.

Este tipo de serviços é útil para os clientes das seguradoras na medida em que disponibilizará informação útil para a prevenção de sinistralidade rodoviária. Desta forma pretende-se que exista uma diminuição do risco dos clientes da seguradora, reduzindo assim os custos devidos a indemnizações a pagar pelas seguradoras.

### 1.1. Informação do Estágio

O trabalho foi desenvolvido no âmbito do estágio do segundo ano curricular do mestrado em Engenharia de Redes e Sistemas Informáticos, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Este trabalho foi realizado na Deloitte Consultores S.A. A marca Deloitte tem uma grande história no mercado de prestação de serviços. Opera em cerca de cento e cinquenta países e possui cerca de duzentos mil colaboradores, atuando nas áreas de Auditoria, Consultoria, *Corporate Finance*, Consultoria Tributária e *Outsourcing* [1]. A firma membro de Portugal possui mais de mil e oitocentos colaboradores que desenvolvem projetos a nível internacional, sendo que este projeto está enquadrado na área de serviços financeiros, mas especificamente na Indústria de seguros [1].

## 1.2. Âmbito e objetivos

A motivação para o desenvolvimento deste trabalho advém da necessidade de criar uma aplicação móvel que seja capaz de oferecer aos seus utilizadores rotas em função da sinistralidade rodoviária e classificar as ruas em função da sua perigosidade, permitindo assim reduzir o risco de sinistralidade da carteira de clientes das seguradoras.

Os objetivos deste trabalho são os seguintes:

1. Desenvolver soluções para inferir o risco de sinistralidade rodoviária;
2. Sugerir ao condutor rotas otimizadas em função de critérios de segurança;
3. Informar o condutor, em tempo real, do risco de acidente na via em que circula;
4. Permitir às seguradoras o envio de alertas baseados na localização dos seus clientes;
5. Capacitar a seguradora com informação relativa ao risco dos seus clientes.

No [anexo A](#) encontra-se o plano de trabalhos definido para o desenvolvimento deste projeto.

## 1.3. Principais contribuições

O cálculo de rotas está tipicamente associado ao cálculo do caminho mais curto, mais rápido ou mais económico. Porém, este trabalho pretende contribuir com o desenvolvimento de uma nova abordagem associada ao cálculo de rotas em função de critérios de segurança.

Outra contribuição deste projeto é a disponibilização de informação de risco posicional dos condutores. A apresentação do mesmo, através da aplicação móvel, tem como objetivo prevenir acidentes ao manter os condutores informados da perigosidade das vias em que circulam. Pretende-se que a aplicação móvel *Android* possa ser utilizada pelos clientes de uma seguradora. Desta forma espera-se que os utilizadores possam planear rotas baseadas em critérios de segurança e que, durante a sua condução, possam ter acesso à informação associada ao risco de sinistralidade na sua localização.

A aplicação móvel pode ser utilizada por múltiplas seguradoras, em diversas linguagens e, para além dos seguros automóveis, esta pode ser incluída nouro tipo de seguros para além do automóvel (e.g. saúde e multiriscos). Esta foi desenvolvida de forma a estar orientada ao ambiente de condução e a ter uma interface simples e funcional. Citando Steve Jobs,

*“Design não é só o que se vê e o que se sente. Design é como funciona”.*

## 1.4. Estrutura do documento

Este documento está dividido nos seguintes capítulos:

- **Capítulo 1 – Introdução:** É feito um enquadramento do projeto, onde também são definidos o âmbito, objetivos, motivação e resultados esperados para o trabalho;
- **Capítulo 2 – Estado da arte:** É descrita a evolução, tecnologias e serviços existentes no ramo da telemática automóvel e também nos seguros automóveis. No final são apresentados desafios relativamente à telemática no contexto dos seguros automóveis;
- **Capítulo 3 – Desenho conceptual:** É definida a fonte de informação (e a forma de como esta pode ser incluída no cálculo de rotas) e apresentação de informação de risco de sinistralidade. Por fim, são definidos os requisitos funcionais da aplicação móvel;
- **Capítulo 4 – Desenvolvimento:** Descrição do desenvolvimento do projeto, abordando as componentes de servidor, base de dados e cliente móvel. São descritas as tecnologias, sistemas e metodologias utilizadas ao longo deste trabalho;
- **Capítulo 5 – Conclusões:** Resumo de todo o projeto e reflexão sobre os objetivos alcançados. São também apresentados possíveis estudos futuros.



## Capítulo 2

# Estado da arte

Neste capítulo é descrito o estado de arte relativo às tecnologias e metodologias atuais dos serviços de telemática aplicada a seguros automóveis. Inicialmente é feita uma introdução relativa à evolução das tecnologias de comunicação nos automóveis. Posteriormente são abordados os serviços de telemática na indústria automóvel e a sua evolução. São também mencionados os serviços de telemática no contexto de seguros automóveis. No final é realizada uma análise aos desafios existentes nos serviços de telemática no contexto dos seguros automóveis.

### 2.1. Introdução

O primeiro sistema de telemática automóvel a ser comercializado foi o OnStar, introduzido pela General Motors em 1996. Este tinha como missão localizar os veículos em caso de perda ou furto [2]. Com o desenvolvimento tecnológico na indústria automóvel, mais funcionalidades e serviços foram sendo disponibilizados [3]. A respetiva redução do custo das tecnologias usadas nos serviços de telemática, levou a que as tecnologias para comunicação *wireless*, dispositivos móveis, sistemas de posicionamento global e sistemas de entretenimento passassem a ser elementos integrantes nos automóveis [2][4].

Múltiplas inovações na indústria automóvel estão associadas ao desenvolvimento dos sistemas de conexão *wireless* [3]. Seguindo a tendência dos consumidores atuais [5], as aplicações móveis passaram a ser integradas nos automóveis, capacitando assim os sistemas informativos e de comunicação com os condutores [6]. Este fenómeno de evolução tecnológica tem transformado a indústria automóvel. Estima-se que mais de oitenta por cento dos automóveis vendidos em 2020 incluam funcionalidades provenientes da conexão *wireless*, quer seja de através do próprio veículo ou através de um dispositivo móvel [7].

## 2.2. Telemática nos veículos automóveis

Atualmente, com o desenvolvimento tecnológico dos veículos automóveis, têm surgido várias tecnologias baseadas em conexão *wireless* [2]. O seu recente desenvolvimento viabilizou a conexão e troca de informação com sistemas remotos, tanto por GPRS [8] como por UMTS [8] [2]. Estes desenvolvimentos levaram a que novos tipos de serviços pudessem ser criados [3]. Exemplos desses serviços são a recolha de dados do veículo durante a condução de forma a assistir o condutor ou a transmissão dessa informação para uma localização remota de forma a analisar os dados. Estes serviços, de recolha, transmissão e processamento de dados, são denominados de serviços de telemática [9].

As primeiras aplicações de telemática na indústria automóvel estavam focadas em serviços de segurança e aconselhamento de rotas [2]. Com o passar dos anos e com a evolução tecnológica foram surgindo novas aplicações, tais como o controlo de frotas, diagnóstico dos veículos e serviços inovadores associados à utilização da Internet e aplicações móveis [3]. De acordo com Henfridsson [10], os serviços de telemática automóvel estão segmentados da seguinte forma:

- Navegação e acessibilidade;
- Segurança;
- Produtividade;
- Entretenimento;
- Manutenção do veículo.

A navegação e acessibilidade consistem tipicamente em prover os condutores de serviços de gestão de rotas e posicionamento dos seus automóveis [10]. Estes sistemas são utilizados como guias de viagens, através de indicações ponto a ponto para um destino em específico. Baseados na tecnologia GPS, estes sistemas possuem uma precisão mais elevada que nas suas primeiras aplicações [10][11]. Novas variantes destes serviços foram criadas tendo como objetivo o cálculo de vários tipos de rotas, baseadas em diferentes critérios, tais como a distância e o tempo. As rotas ótimas têm em conta fatores dinâmicos tais como o trânsito, acidentes ou obras. Assim, é possível sugerir ao condutor rotas alternativas e gerar alertas relativos a ocorrências de acidentes, obras no percurso ou à intensidade do trânsito no percurso [12].

Os serviços desenvolvidos para segurança utilizam sensores com a capacidade de detetar eventos relativos a acidentes [10]. Um exemplo deste tipo de implementações é a notificação automática de acidentes para um provedor de serviços, para que haja um auxílio imediato ao condutor ou ao veículo [10][13]. A seguradora *Insurethebox* apresenta um serviço de telemática intitulado “*Drive Like a Girl*” [14] que, no caso de alguma anomalia ou paragem do veículo durante a viagem, contata o cliente de forma a averiguar se é necessário algum tipo suporte ou abertura de caso de sinistro [15]. Recentemente, a entidade oficial de certificação e testes do Reino Unido *Transport Research Laboratory* (TRL), apresentou os resultados associados aos testes do sistema de deteção de acidentes do serviço da *RAC Telematics*. O *RAC Telematics* é um serviço orientado a frotas, com o objetivo de monitorizar os veículos de forma a otimizar operações, melhorar os comportamentos de condução e aumentar a segurança e manutenção dos automóveis. Nos resultados obtidos pela TRL, foi conseguida uma taxa de sucesso de 92% na deteção de acidentes. Este valor é superior em 22% à média dos restantes serviços existentes no mercado [16].

As tecnologias de telemática podem ser utilizadas para o aumento da produtividade e eficiência nas empresas com serviços de frotas [10]. É possível otimizar as operações realizadas remotamente através da monitorização de dados como a posição do veículo, níveis de consumo de combustível e distâncias percorridas [17]. Os gestores de frotas podem, com estes dados, otimizar as rotas a realizar, detetar possíveis necessidades e averiguar e corrigir o desempenho de condução através de dados simples como a distância percorrida e a respetiva velocidade [17].

As aplicações móveis e redes sociais são também parte integrante da telemática, apresentando um grande potencial de crescimento [10]. Este tipo de serviços caracterizam-se pela intenção de prover os veículos com acesso à Internet, de forma a estabelecer um contacto direto com os passageiros através de serviços mais disruptivos [10]. Acesso direto ao *email*, notícias e meteorologia são funcionalidades básicas que os passageiros do automóvel poderão também usufruir com acesso à Internet [10][13].

Na indústria seguradora, temos recentemente assistido ao lançamento de novos serviços de gamificação [18]. Estes têm como objetivo interagir com os condutores através da criação de desafios e jogos que consistem em diminuir o risco e melhorar o comportamento na condução, premiando-os pelos seus resultados [13][18]. A aplicação móvel “*D-rive*” [19], lançada pela Deloitte Consulting LLP, possibilita aos utilizadores

competirem entre eles, comparando as classificações obtidas durante os seus percursos [19].

Os serviços de telemática para manutenção remota de veículos diferem dos de entretenimento na medida em que estão orientados ao veículo e não aos passageiros [10]. Tipicamente, a viatura está conectada a um sistema de diagnóstico remoto de veículos (DRV), que poderá estar localizado na oficina do cliente [10]. A comunicação por *wireless* entre o veículo e o DRV permite que os peritos analisem o estado do veículo através da informação proveniente do mesmo. Desta forma, é possível analisar eventuais problemas e executar operações de manutenção e atualizações de *software*. Desta forma previne-se a necessidade de transportar o veículo até à oficina [10]. Porém, quando surge um problema que não pode ser resolvido remotamente, o sistema DVR poderá alertar o condutor para a necessidade de se deslocar a uma oficina [10].

### 2.3. Serviços de telemática nos seguros automóveis

Na indústria seguradora existem diversos produtos que vão sendo disponibilizados para serviços de telemática. A partir de 2004, os avanços tecnológicos e respetiva descida de custos abriram as portas para a implementação de soluções economicamente viáveis de Seguros Baseados no Uso (SBU) [4]. Os fabricantes de automóveis passaram a incluir dispositivos GPS nos veículos, disponibilizando, dessa forma, diversos serviços baseados na localização dos automóveis [11][4]. Com isto, empresas como a *General Motor's OnStar*, *Lexus' Link* e *BMW* passaram a disponibilizar assistência em caso de acidente, diagnóstico remoto e localização em caso de furto ou perda do automóvel [5]. O facto de os veículos passarem a ser fabricados com dispositivos que permitem a implementação de serviços de telemática permitiu às seguradoras desenvolverem novos produtos com um custo inferior e com maior facilidade de implementação e integração no mercado. Segundo o relatório da IHS, cerca de 38% dos veículos fabricados em 2013 foram equipados com dispositivos de telemática [4].

Na tabela 1 são apresentados diversos produtos de seguros automóveis utilizando tecnologia de telemática. Estes apresentam duas tipologias diferentes, “*pague o que conduz*” e “*pague como conduz*” [11][4]. O primeiro está orientado a condutores que conduzem com pouca frequência. Através do sinal GPS proveniente dos veículos, a



seguradora tem acesso às distâncias percorridas pelo automóvel [11][4]. Desta forma, o prémio do segurado será influenciado pelos quilómetros percorridos [4]. O serviço de “*pague como conduz*” é orientado ao comportamento do condutor. Para a análise deste, as seguradoras recolhem informação de condução através do sistema *On-Board Diagnostic* (OBD) dos veículos [20][21]. Porém têm surgido algumas alternativas, tal como o registo de dados através de *smartphones* [22] .

De seguida são apresentadas as tecnologias utilizadas na atualidade para a recolha de informação dos automóveis referidas em [21]:

- **Adaptador portátil** – Fornecido pela seguradora aos seus clientes. Este dispositivo portátil é tipicamente instalado pelos mesmos. Funciona a partir da ativação do sistema de ignição do automóvel e oferece a possibilidade de registo de dados de posição e de condução. Embora tenha diversas vantagens tais como o seu baixo custo, portabilidade e facilidade de instalação, este tipo de dispositivos não possuem a capacidade de serem conectados à centralina do automóvel, o que torna possível a sua adulteração, reduzindo também a quantidade de informação que é possível obter.
- **Caixa negra** – É conectado ao veículo e integrado com acelerómetros e sensores GPS de forma a recolher dados relativos à posição, velocidade e acelerações nas travagens e curvas. Estes dispositivos podem ser integrados com a centralina eletrónica do automóvel, podendo assim aceder aos dados provenientes dos sensores do veículo.
- **Origem de fabricante** – Atualmente os fabricantes automóveis passaram a integrar de raiz tecnologias de telemática nos veículos [4][21]. Assim, ao invés de ser necessária a instalação de uma caixa negra ou de um adaptador portátil, será o próprio veículo a processar e a transmitir a informação de condução.
- **Smartphones** – Os *smartphones* são a forma mais recente para recolha de informação [21][22]. As suas vantagens residem na variedade de sensores apresentada, na capacidade de armazenamento de dados, no facto de não ser necessária qualquer instalação no próprio veículo e de não haver qualquer custo para a seguradora relativamente à transmissão dos dados entre os clientes e os seus servidores, visto que essa conexão é paga pelo operador móvel do condutor.

**Tabela 1** – Produtos de seguros automóveis de telemática automóvel.

Produto	Acesso à informação	Método p/ recolha dados	Indicadores	Consultar pontuação	Diagnóstico da viatura
<b>Aviva</b> [23]	Aplicação móvel	<i>Smartphone</i>	Aceleração, travagem e curvas	Sim, c/ comparação nacional e nas redes sociais	Não
<b>Metromile</b> [24]	Aplicação móvel	Adaptador portátil	Quilómetros percorridos	Não. Foco na distância percorrida e consumo de combustível	Sim. Também contacta mecânico
<b>Drive Like a Girl</b> [14]	<i>Website</i>	Caixa negra	Velocidade, travagem, aceleração, distâncias, duração viagens, tipo de estrada, pausas em viagens longas e viagens noturnas	Sim.	Sim. Em caso de acidente o cliente é contactado
<b>DriveSafe</b> [25]	<i>Website</i>	Caixa negra	Altura do dia, velocidade, curvas, distância percorrida, travagem, tipos de estradas e local de estacionamento durante a noite	Sim. Ao longo do tempo e por tipo de estrada	Sim, em caso de acidente a seguradora contacta o cliente
<b>Ingenie</b> [26]	Aplicação móvel	Caixa negra	Velocidade, travagem, aceleração, curvas, mudanças de direção	Sim	Não
<b>AXA Drive</b> [27]	Aplicação móvel	<i>Smartphone</i>	Aceleração, travagem e curvas	Sim	Não
<b>Drivewise Mobile</b> [28]	Aplicação móvel	<i>Smartphone.</i>	Velocidade, travagem, hora do dia	Sim	Não
<b>D-rive</b> [19]	Aplicação móvel	<i>Smartphone.</i>	Aceleração, travagem e curvas	Sim. Comparação restantes utilizadores	Não

Como podemos observar na Tabela 1, existem diversos serviços que recolhem os dados através dos dispositivos móveis dos condutores. Os produtos apresentados demonstram que, os dispositivos móveis, comparativamente com as caixas negras, possuem menor capacidade de análise de variáveis relativas à condução. Por outro lado, as aplicações móveis além de permitirem aos condutores visualizarem as pontuações relativas à sua condução, permitem também criar outro tipo de serviços associados à gamificação e interação com outros clientes da seguradora, fomentando assim as boas práticas de condução consequentemente reduzindo o risco de sinistralidade.

## 2.4. Conclusões

Existem alguns desafios relativamente à telemática nos seguros automóveis. Há uma grande quantidade de opositores a este tipo de serviços devido à recolha de informações de condução dos clientes (levantando questões sobre a privacidade dos mesmos) [4][13]. Por outro lado, defende-se que os serviços de telemática criam mais transparência na forma de como os prémios são calculados, visto que o segurado paga um prémio consoante a sua performance de condução [4].

Outro desafio presente é a dificuldade em criar estruturas que consigam lidar com a enorme quantidade de dados gerada pelos diversos sensores [4][13]. Dependendo da duração e distância das viagens, estima-se que, anualmente, são gerados 5MB a 15MB por condutor. Numa seguradora com cem mil veículos a utilizar o serviço de telemática, seriam gerados aproximadamente 1TB por ano [4].

A dificuldade de analisar e retirar conclusões válidas com a informação proveniente dos automóveis também se apresenta como um grande desafio, principalmente para seguradoras de menor dimensão que não possuem tanta variedade e quantidade de dados [4][13]. A análise de dados terá de ser sensível e contextual. Conduzir em alta velocidade e curvar mais rapidamente num carro que seja capaz de o fazer terá um risco diferente do que se for num carro que não tenha essa capacidade [13].

Um serviço de telemática envolve diversos componentes. As seguradoras necessitam de moldar o seu modelo de negócio, os seus planos de marketing e mais importante que isso, necessitam de reestruturar a sua arquitetura tecnológica. É necessário também

adicionar uma camada para recolha de dados, uma componente para gestão e armazenamento de dados e modelos preditivos para proceder à análise de risco dos condutores. Por último é também necessário desenvolver novos serviços para interação com os clientes, garantindo a privacidade dos dados dos mesmos [13].

## Capítulo 3

# Desenho Conceptual

Tal como foi anteriormente referido, este trabalho tem como missão desenvolver uma aplicação móvel com o intuito de apresentar **i)** rotas otimizadas em função de critérios de segurança e **ii)** devolver informação relativa ao risco de sinistralidade, durante o processo de condução. Ao longo deste capítulo é descrito o desenho conceptual que foi tido em conta para a implementação deste trabalho. Começaremos por descrever o problema associado ao cálculo de rotas. Neste contexto, explicaremos a nossa estratégia para representar o risco das ruas e a forma como este influenciará o cálculo de rotas. É também apresentada a fonte de informação escolhida para o estudo dos dados relativos ao risco de sinistralidade rodoviária. Seguidamente está descrito o modelo matemático para disponibilização de informação de risco. No final são apresentados os requisitos funcionais para a implementação da aplicação móvel GPS Telematics.

### 3.1. Definição do problema para o cálculo de rotas

O problema do cálculo de rotas otimizadas em função de critérios de segurança pode ser descrito da seguinte forma: dada uma área geográfica, com um conjunto de estradas, pretende-se calcular um caminho entre dois pontos, que tenha em conta a distância do percurso e a sua segurança, em termos de sinistralidade rodoviária.

O algoritmo de Dijkstra resolve o problema de cálculo de caminhos mais curtos num grafo dirigido ou não dirigido. Um grafo é definido por  $G = (V, A)$ , onde  $V$  representa o conjunto dos seus vértices e  $A$  o conjunto das suas arestas. Uma aresta representa uma ligação entre dois pontos  $(i, j)$ . Para a utilização do algoritmo de Dijkstra, cada aresta tem atribuído um peso superior a zero. Para o cálculo do caminho mais curto entre dois pontos, o peso a considerar é igual ao comprimento das arestas. Como tal, o caminho mais curto entre dois pontos é aquele em que a soma de todos os pesos é menor [29].

De forma a solucionar o problema do cálculo de rotas em função de critérios de segurança, considerou-se a opção de derivar a informação do risco de sinistralidade das

vias para definir uma métrica, que conjugada com as distâncias, será incorporada num grafo. Desta forma, o algoritmo de Dijkstra pode ser usado para calcular o caminho mais curto, otimizado em função de critérios de segurança. Os critérios de segurança a ter em conta serão:

- **FDK**: Risco dos feridos por dia e quilómetro;
- **CSM**: Custo da superfície em função da meteorologia.

Estas variáveis são derivadas a partir da informação relativa à gravidade/quantidade dos acidentes por rua, o estado meteorológico e a influência que este tem no tipo de superfície das estradas. Nas seguintes secções analisamos a fonte de informação a utilizar para derivar a informação de risco. Posteriormente apresentamos as métricas definidas para o cálculo de rotas baseadas em critérios de segurança.

### 3.1.1. Informação de segurança rodoviária

O primeiro requisito para este trabalho foi encontrar uma fonte de informação fiável para o cálculo de variáveis relativas ao risco de sinistralidade. Várias seguradoras nacionais foram abordadas. No entanto, o fornecimento dessa informação ia contra as políticas das mesmas.

Como alternativa surgiu a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR) [30]. Esta entidade pública e pertencente ao governo nacional português, foca-se no planeamento e coordenação nas matérias de segurança rodoviária. A ANSR disponibiliza diversos relatórios relacionados com a sinistralidade. Nesse relatório estão incluídos o registo de sinistros e informação estatística relativa à sinistralidade rodoviária.

Tabela 2 - Excerto do registo de sinistros do distrito de Lisboa, 2013 [30].

Concelho	Data hora	M	FG	Via	KM	Natureza
Lisboa	25-09-2013 14:50	0	1	Avenida da India sn	-	Atropelamento de peões
Lisboa	18-02-2013 19:15	0	1	Avenida da República 11	-	Atropelamento de peões
Lisboa	03-01-2013 12:50	0	1	Avenida Dom Carlos I 103	-	Atropelamento de peões
Lisboa	03-12-2013 14:40	0	1	Avenida Dom João II 0	-	Colisão lateral com outro veículo em movimento
Lisboa	16-10-2013 12:10	0	1	Avenida Dom João II 1	-	Colisão lateral com outro veículo em movimento
Lisboa	16-04-2013 15:05	1	0	Avenida Doutor Francisco Luís Gomes no.1	-	Colisão com outras situações
Lisboa	22-04-2013 13:00	0	1	Avenida Engenheiro Duarte Pacheco s/n	-	Atropelamento de peões
Lisboa	16-08-2013 20:30	0	1	Avenida Fontes Pereira de Melo 44	-	Atropelamento de peões
Lisboa	05-07-2013 18:35	0	1	Avenida General Norton de Matos S/N	-	Despiste sem dispositivo de retenção
Lisboa	27-02-2013 12:05	0	1	Avenida General Norton de Matos S/N	-	Colisão frontal
Lisboa	13-05-2013 17:45	0	1	Avenida General Norton de Matos S/N	-	Colisão com outras situações
Lisboa	16-08-2013 17:20	0	4	Avenida General Norton de Matos S/N	-	Colisão choque em cadeia
Lisboa	03-07-2013 17:40	0	1	Avenida General Roçadas	-	Colisão lateral com outro veículo
Lisboa	02-08-2013 18:35	0	1	Avenida Igreja 0	-	Atropelamento de peões

Para a elaboração deste trabalho decidiu-se utilizar o relatório anual da cidade de Lisboa, do ano de 2013. Este relatório, tal como podemos observar na Tabela 2, apresenta uma secção com o registo de sinistros por:

- Concelho;
- Data e hora;
- Número de mortos (**M**);
- Número de feridos graves (**FG**);
- Via/Morada;
- Km (caso seja um troço da auto estrada);
- Natureza do acidente.

Como fonte de informação, estes dados são essenciais para identificar o risco de cada via visto que apresentam o local do sinistro e a informação relativa à sua natureza e impacto.

As estatísticas apresentadas pelo relatório de sinistralidade da ANSR estudam diversos parâmetros considerados importantes para o risco de sinistralidade. Para cada um dos parâmetros é atribuído um valor relativo a um índice de gravidade. Este índice descreve o número de mortos por cem acidentes. Os parâmetros de risco apresentados no relatório são:

- Acidentes e vítimas por mês;
- Acidentes e vítimas segundo o dia da semana;
- Acidentes e vítimas segundo as condições de luminosidade;
- Acidentes e vítimas segundo a hora (ver Tabela 3);
- Acidentes e vítimas segundo os fatores atmosféricos;
- Acidentes e vítimas segundo a natureza do acidente;
- Acidentes e vítimas segundo a localização;
- Acidentes e vítimas segundo o tipo de via.



**Tabela 3** - Acidentes e vítimas segundo a hora [30].

Hora	Acidentes c/ vítimas	%	Vítimas mortais	%	Feridos graves	%	Feridos ligeiros	%	Total vítimas	%	Índice de gravidade
00-03	317	4,6	6	8,7	25	7,1	391	4,8	422	5	1,9
03-06	167	2,4	4	5,8	18	5,1	202	2,5	224	2,6	2,4
06-09	779	11,4	9	13	37	10,6	922	11,4	968	11,4	1,2
09-12	1154	16,9	8	11,6	31	8,9	1322	16,3	1361	16	0,7
12-15	1116	16,3	7	10,1	52	14,9	1321	16,3	1380	16,2	0,6
15-18	1315	19,2	19	27,5	63	18	1597	19,7	1679	19,7	1,4
18-21	1376	20,1	13	18,8	87	24,9	1598	19,7	1698	19,9	0,9
21-24	623	9,1	3	4,3	37	10,6	744	9,2	784	9,2	0,5
<b>Total</b>	<b>6847</b>	<b>100</b>	<b>69</b>	<b>100</b>	<b>350</b>	<b>100</b>	<b>8097</b>	<b>100</b>	<b>8516</b>	<b>100</b>	<b>1</b>

O facto do relatório da ANSR conter informação relativa aos sinistros por rua é um ponto de partida para classificarmos as mesmas em função da sua perigosidade. Por outro lado, as estatísticas apresentadas em função do índice de gravidade serão necessárias para classificar o risco em função de critérios de segurança, tais como a hora do dia ou o dia da semana.

### 3.1.2. Risco dos feridos por dia e por comprimento

Os dados da ANSR permitem-nos averiguar o número de feridos graves e ligeiros, para cada rua, durante um período de tempo. Desta forma conseguimos atribuir diferentes classificações às ruas dependendo do seu registo de acidentes. Para essa classificação definiu-se a seguinte expressão:

$$FDK = \frac{(FL * \alpha) + (FG * (1 - \alpha))}{L} \quad (3.1)$$

Onde,

- $FDK$  = Feridos por dia e por quilómetro;
- $L$  = Comprimento da rua, em Km;
- $T$  = Tempo, em dias;
- $FG$  = N<sup>o</sup> de feridos graves;
- $FL$  = N<sup>o</sup> de feridos ligeiros;
- $\alpha$  = Valor, entre 0 e 1, que representa o peso atribuído a FG e FL.

A expressão (3.1) tem como objetivo determinar o risco das ruas relativamente ao histórico de sinistros. A fórmula depende do número de feridos graves, feridos ligeiros, número de dias (das ocorrências de sinistros) e do comprimento da rua. Os fatores de tempo e comprimento são necessários porque:

- 1) Para ruas com o mesmo comprimento, uma rua com dois feridos graves num mês é uma rua de maior risco do que outra, com dois feridos graves num ano;
- 2) Para o mesmo período de tempo, uma rua de cem metros com três feridos graves é uma rua de maior risco do que outra, com o mesmo número de feridos graves mas com um quilómetro de comprimento.

Dependendo da seguradora em questão, pode ser dado um peso a cada tipo de feridos do sinistro. No caso deste protótipo, decidiu-se utilizar  $\alpha$  com o valor de 0.7. Desta forma estamos a dar maior relevância ao número de feridos graves. No final, o valor de  $FDK$  calculado representa o risco dos feridos por dia e por quilómetro das estradas.

### 3.1.3. Risco da superfície em função da situação meteorológica

Em 1929, Paul Dorweiler identificou as condições críticas que afetam a probabilidade de ocorrência de acidentes rodoviários [31]. Um dos fatores apresentados por Paul são as condições meteorológicas. Considerando que as estradas representam as arestas do nosso grafo, o estado meteorológico tem uma influência direta na sua perigosidade através do tipo de superfície das vias. Os diferentes níveis de atrito associados aos diversos pisos fazem com que as estradas possam ser mais perigosas em função de determinados estados climáticos. Como o risco depende da relação entre o tipo de superfície e o estado meteorológico, assumimos que, numa situação de chuva, conduzir numa calçada, terá um custo superior do que conduzir num piso de alcatrão. Assumimos também que, independentemente do tipo dos pisos, conduzir durante a ocorrência de trovoadas e chuva intensa terá maior custo que conduzir com sol. Relativamente aos pisos, quanto mais irregulares forem, maior será o custo a atribuir. Por exemplo, será mais perigoso conduzir numa zona florestal, com o piso irregular, do que numa estrada de alcatrão. Esta classificação de risco estará ao critério da seguradora. Este modelo será alvo de estudos

futuros de forma a auxiliar as seguradoras na definição da perigosidade das vias em função do estado meteorológico.

### 3.1.4.Fórmula para definição do custo das estradas

O peso dado a cada aresta/ rua é uma variável dependente do risco associado ao número de feridos por dia e por quilómetro, do risco da superfície em função de critérios de segurança e do comprimento da rua. Para cada um destes fatores de risco, será atribuído um peso. A lógica desta atribuição assenta no facto de cada seguradora poder definir o seu próprio critério de risco. Por exemplo, se pensarmos em duas seguradoras **A** e **B**. A seguradora **A** pode atribuir maior peso ao fator de risco dos feridos por dia e por quilómetro e, por outro lado, a seguradora **B** poderá atribuir maior peso ao custo da superfície em função do estado meteorológico. Da mesma forma, a seguradora **A** pode atribuir maior peso ao comprimento das ruas, minimizando a distância da rota, já a seguradora **B** pode atribuir um custo menor ao comprimento da rua, aumentando assim a segurança da rota calculada.

A expressão definida foi a seguinte:

$$Custo = \beta * L + (1 - \beta)(\alpha * FDK + (1 - \alpha) * CSM) \quad (3.2)$$

Onde,

- $L$  = Comprimento da rua, em Km;
- $FDK$  = Valor dos feridos por dia e por quilómetro;
- $CSM$  = Valor do custo da superfície em função da meteorologia;
- $\alpha$  = Valor, entre 0 e 1, que representa o peso atribuído a  $FDK$  e  $CSM$ ;
- $\beta$  = Valor entre 0 e 1, que representa o peso do fator de comprimento e do risco de sinistralidade.

A fórmula (3.2) divide o custo em dois fatores, a distância das ruas e o nível de perigosidade. A relação entre ambas é dependente do valor de  $\beta$ . Quanto maior o nível de perigosidade, mais curto e mais perigoso será o caminho. Desta forma estamos a atribuir

maior peso à distância. Por outro lado, quanto mais aproximarmos o valor de  $\beta$  para zero, maior será o valor de  $1 - \beta$ , aumentando assim a segurança e também a distância do caminho. No caso do valor de  $\beta$  ser zero existe o problema do algoritmo eventualmente disponibilizar rotas inúteis para os condutores. Isto acontece porque as decisões do algoritmo não terão em conta a distância a percorrer, podendo assim ocorrer situações em que seja necessário percorrer longas distâncias, para alcançar um destino que estaria a uma curta distância do ponto de origem.

Relativamente à perigosidade das vias, esta tem em conta o valor da expressão (3.1) que calcula o risco dos feridos por dia e por quilómetro e o *CSM*, que determina o custo da superfície da via em função da meteorologia. Estes dois fatores relacionam-se através de  $\alpha$ . Quanto maior for o valor de  $\alpha$ , mais a perigosidade da rua é definida em função da ocorrência de sinistros na via. Por outro lado, quanto menor for o valor de  $\alpha$ , mais se terá em conta a condição meteorológica e a influência que esta tem na superfície das ruas.

Como a fórmula descrita opera sobre os pesos  $\alpha$  e  $\beta$ , as variáveis terão de estar apresentadas na mesma gama de valores. Como tal, decidimos transformar os valores de *CSM*, *FDK* e *L* numa gama entre zero e cem. Para isso, utilizamos a seguinte expressão:

$$Vp(x) = \frac{100}{xMax-xMin} * (x - xMin) \quad (3.3)$$

Onde,

- $Vp(x)$  - Valor percentual;
- $xMax$  – Valor máximo do domínio de  $x$ ;
- $xMin$  – Valor mínimo do domínio de  $x$ ;
- $x$  – Valor a transformar.

No final, pretende-se obter um grafo como o da Fig. 1. Este utiliza a fórmula acima mencionada como métrica no algoritmo de Dijkstra. Desta forma é possível obter o caminho mais curto em função de critérios de segurança.

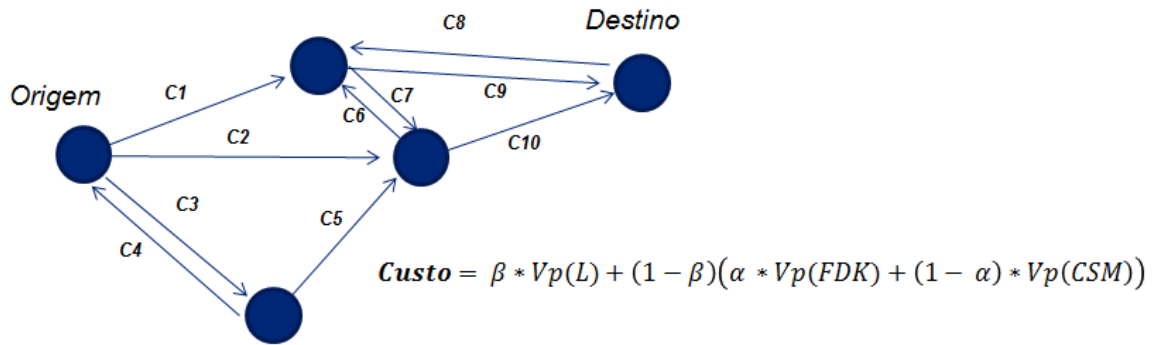


Fig. 1 - Grafo conceptualizado para o cálculo do caminho mais curto baseado em critérios de segurança.

### 3.2. Modelo para cálculo do risco posicional

Um dos objetivos deste projeto é a apresentação do risco de sinistralidade em função do posicionamento dos condutores. Para isso, definiu-se um modelo de classificação de fatores de risco baseado no relatório da ANSR. Dos parâmetros apresentados no relatório, decidiu-se utilizar o mês, dia da semana e hora. Além destes indicadores serão também tidos em conta os feridos por dia e por quilómetro (*FDK*) e o Custo da superfície em função da meteorologia (*CSM*). Como podemos ver em baixo, reaproveitando a expressão (3.2) associada ao custo das estradas, utiliza-se a sua componente associada aos critérios de segurança para definir a seguinte fórmula:

$$Custo\ sinistralidade = (\alpha * Vp(FDK) + (1 - \alpha) * Vp(CSM)) \quad (3.4)$$

#### 3.2.1. Modelo de disponibilização de informação de risco

No relatório da ANSR é apresentada uma classificação relativa ao índice de gravidade dos acidentes. Esta representa o número de mortos por cem acidentes. Para cada parâmetro de risco, existem diversos subconjuntos. Cada um está classificado com o respetivo índice. Na Tabela 3, está apresentada classificação do índice de gravidade relativo às vítimas segundo a hora. Essa tabela está dividida em subconjuntos que

representam intervalos de horas. Neste caso, o intervalo de horas em que o índice de gravidade é maior é entre as três e as seis horas da manhã. Por outro lado, o intervalo de tempo onde o índice de gravidade é menor, é entre as vinte e uma horas e as vinte quatro horas. Assim, se o condutor estiver a conduzir às cinco horas da manhã, a probabilidade de este morrer num acidente é a mais elevada. O índice de gravidade associado a cada um dos parâmetros de risco está indicado nas seguintes tabelas:

**Tabela 4 - Índice de gravidade dos meses do ano Lisboa [30]**

Subconjunto	Índice de Gravidade
<b>Janeiro</b>	0,9
<b>Fevereiro</b>	0,4
<b>Março</b>	0,9
<b>Abril</b>	0,9
<b>Mai</b>	0,4
<b>Junho</b>	0,9
<b>Julho</b>	1,1
<b>Agosto</b>	1,3
<b>Setembro</b>	1,1
<b>Outubro</b>	0,5
<b>Novembro</b>	1,3
<b>Dezembro</b>	2,2

**Tabela 5 – Índice de gravidade dos dias da semana em Lisboa, 2013**

Subconjunto	Índice de Gravidade
<b>Segunda-feira</b>	0,8
<b>Terça-feira</b>	1,8
<b>Quarta-feira</b>	0,7
<b>Quinta-feira</b>	1
<b>Sexta-feira</b>	0,7
<b>Sábado</b>	1,1
<b>Domingo</b>	1,1

Tabela 6 - Índice de gravidade em função da hora, Lisboa 2013 [2].

Subconjunto	Índice de Gravidade
00h-03h	1,9
03h-06h	2,4
06h-09h	1,2
09h-12h	0,7
12h-15h	0,6
15h-18h	1,4
18h-21h	0,9
21h-24h	0,5

De forma a disponibilizar um valor de risco global, que tenha em conta todos os componentes de risco utilizados neste protótipo, definiu-se a seguinte fórmula:

$$Score\ global = (\vartheta * VP(Mês)) + (\theta * VP(Dia)) + (\beta * VP(Hora)) + (\mu * \textit{sinistralidade}) \quad (3.5)$$

Onde,

- $\vartheta + \theta + \beta = 1$ ;
- $VP(Mês) = \frac{100}{IG\ Mês\ Max} * (IG\ Mês)$ ;
- $VP(Dia) = \frac{100}{IG\ Dia\ Max} * (IG\ Dia)$ ;
- $VP(Hora) = \frac{100}{IG\ Hora\ Max} * (IG\ Hora)$ .

Com este modelo é possível atribuir pesos a cada uma das variáveis, distinguindo assim a sua relevância para o cálculo do risco. A cada parâmetro de risco em cima definido será aplicada a função  $Vp(x)$  ao seu índice de gravidade. Este processo é utilizado para converter o seu valor numa gama entre zero e cem de forma a aplicar os pesos  $\vartheta$ ,  $\theta$  e  $\beta$ . Desta forma, quanto maior for o peso atribuído a cada variável, maior será o contributo da mesma para o cálculo do risco. Assim, a seguradora poderá definir os seus próprios critérios de risco. Isto garante maior flexibilidade ao serviço, na medida em que pode ser configurado de forma diferente por múltiplas seguradoras.

### 3.3. Requisitos funcionais da aplicação móvel

A aplicação móvel GPS Telematics tem como requisito ser implementada na plataforma *Android*. O *Android* é um sistema operativo baseado em Linux e desenvolvido para ser utilizado em *smartphones* [32].

A aplicação GPS Telematics será responsável pela autenticação, navegação, apresentação de rotas e apresentação de alertas. Terá ainda a funcionalidade extra (produzida na tese *Insurance Telematics*, realizada na Deloitte Consultores S.A. a vinte de Março de 2015)[33] de apresentar a informação da apólice e o perfil de condução do cliente.

Pretende-se que a aplicação cumpra as seguintes especificações:

- **Multi-seguradora** – Possibilite a integração da aplicação em diferentes seguradoras;
- **Multi-seguro** – Embora no contexto deste projeto o cálculo de rotas e a disponibilização de informação do risco seja utilizada na perspetiva automóvel, pretende-se também que estas funcionalidades possam ser utilizadas noutros produtos de seguros, tais como seguros de saúde ou multiriscos;
- **Multi-idioma** – Desenvolver uma estrutura que opere em qualquer idioma;
- **Experiência de utilização adaptada** – Tendo em conta que o ambiente de utilização será o de condução, o desenho da aplicação terá de ser adaptado a essas circunstâncias;
- **Interface simples e apelativa** – Pretende-se que a aplicação possua uma interface simples, fazendo uso dos recursos disponibilizados pelo sistema *Android*.



### 3.4. Conclusões

Relativamente à fonte de informação idealizada para a obtenção de dados de sinistralidade rodoviária, a ANSR surge como uma solução razoável para este protótipo. Numa fase futura, o ideal será introduzir os dados relativos à sinistralidade das próprias seguradoras. Outra possibilidade adicional será a utilização da informação de trânsito em tempo real, visto que também poderá ser considerado um fator de risco.

Quanto ao cálculo de rotas em função de critérios de segurança, a estratégia de aplicar pesos a diferentes fatores permite às seguradoras definirem o seu próprio modelo com base na sua carteira de clientes e respetivo registo de sinistros. A este modelo poderão ser adicionadas outras variáveis de risco, tal como a intensidade do trânsito. Outro aspeto relevante para o bom funcionamento do algoritmo é a incorporação de informação relativa a acidentes sem feridos.

A classificação do risco permite às seguradoras atribuir os pesos desejados a cada fator de risco, o que torna a expressão flexível, podendo assim ser implementada em diversos contextos e diferentes seguradoras.

Os requisitos funcionais da aplicação móvel estão focados em permitir que esta seja o mais abrangente possível na indústria de seguros. Pretende-se também que a aplicação móvel tenha em conta o ambiente de utilização, que está associado à condução.



## Capítulo 4

# Desenvolvimento

Neste capítulo é descrito o processo de desenvolvimento deste projeto. As secções seguintes seguem a lógica temporal da implementação. Inicialmente é apresentada a arquitetura e respetivas tecnologias. De seguida é mencionado o processamento de dados do relatório de sinistralidade da ANSR. Posteriormente é descrita a implementação dos diversos componentes do servidor e aplicação móvel. No final são apresentados os testes da aplicação e respetivos resultados.

### 4.1. Arquitetura geral da solução

A arquitetura geral da solução é composta por duas componentes: cliente móvel e servidor. O cliente móvel comunica com o servidor aplicacional para obtenção de rotas e informação de risco. O servidor aplicacional utiliza uma ligação a um servidor de base de dados espacial e a um serviço de meteorologia de forma a responder aos pedidos do cliente móvel.

Na Fig. 2 é possível verificar o desenho da arquitetura geral da solução. O cliente móvel comunica com o servidor aplicacional que disponibiliza os seguintes serviços:

- **Cálculo de rotas** – Recebe as coordenadas de origem e destino e responde com uma sequência de pontos que representam o caminho mais curto em função de critérios de segurança;
- **Disponibilização de informação de risco posicional** – Recebe a localização atual do condutor, a sua idade, hora, dia da semana e o mês. Devolve informação específica para cada um dos parâmetros definidos e para o risco global do condutor.

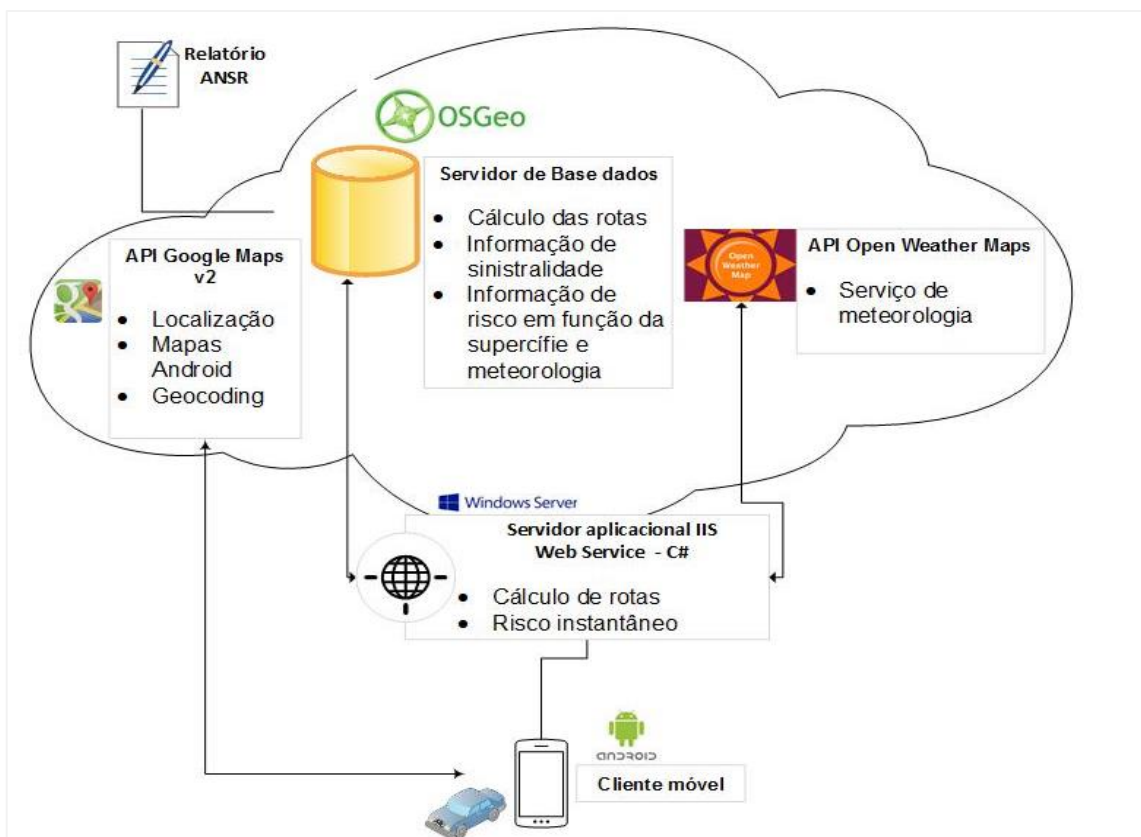


Fig. 2 - Arquitetura geral da solução

De seguida analisaremos cada um dos componentes apresentados na Fig. 2. Desta forma pretende-se justificar as tecnologias e ferramentas utilizadas.

#### 4.1.1. Base de dados espacial

Tanto o cálculo de rotas como o cálculo de risco posicional são funcionalidades que dependem de dados geográficos. A base de dados espacial definida para este projeto tem como objetivos suportar o serviço de rotas, proceder à georreferenciação do cliente móvel e guardar informação relativa ao risco geográfico.

O modelo de dados definido é proveniente do *software* de mapas *Open Street Maps* (OSM) [34]. A utilização dos mapas do OSM tem diversas vantagens para a solução GPS Telematics, sendo estas:

- **Modelo de dados editável** – O código relativo ao modelo de dados do OSM é modificável, podendo ser adicionadas novas camadas de dados sobre a informação contida nos mapas. No caso da nossa solução, será adicionada informação para o risco de sinistralidade;
- **Código aberto** – Ao contrário do *Google Maps* [35], o OSM é um *software* de mapas de código aberto. Isto reduz os custos associados a licenças, oferece a possibilidade de customizar o modelo de dados e permite ter acesso ao código fonte;
- **Disponibilização de ferramentas para conversão de dados** – Existem diversas extensões para transformação dos mapas OSM em bases de dados espaciais, o que facilita a implementação da base de dados deste projeto.

Em baixo pode ser observado um excerto de dados retirado de um ficheiro do mapa OSM:

```
<?XML version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<osm version="0.6" generator="CGImap 0.0.2">
  <bounds minlat="54.0889580" minlon="12.2487570" maxlat="54.0913900"
  maxlon="12.2524800"/>
  <node id="298884269" lat="54.0901746" lon="12.2482632" user="SvenHRO" uid="46882"
  visible="true" version="1" changeset="676636" timestamp="2008-09-21T21:37:45Z"/>
  <way id="26659127" user="Masch" uid="55988" visible="true" version="5" changeset="4142606"
  timestamp="2010-03-16T11:47:08Z">
    <nd ref="292403538"/>
    <nd ref="298884289"/>
    <tag k="highway" v="unclassified"/>
    <tag k="name" v="Pastower Straße"/>
  </way>
  <relation id="56688" user="kmvar" uid="56190" visible="true" version="28" changeset="6947637"
  timestamp="2011-01-12T14:23:49Z">
    <member type="node" ref="294942404" role=""/>
    <member type="node" ref="249673494" role=""/>
    <tag k="name" v="Küstenbus Linie 123"/>
  </relation></osm>
```

Para melhor compreensão do esquema de dados do *OpenStreetMaps*, atentemos à Tabela 7, onde estão descritas as propriedades do modelo de dados do mesmo.

Tabela 7 - Descrição dos componentes do modelo de dados OSM.

Propriedade	Descrição
<b>Versão XML</b>	Contém a versão do <i>XML</i> usado para o desenvolvimento do documento.
<b>Informação do OSM</b>	Versão da API e do programa que gerou o documento.
<b>Node</b>	Informação do <i>id</i> , latitude, longitude e <i>tags</i> informativas do mesmo.
<b>Way</b>	Disponibiliza o <i>id</i> da rua, <i>tags</i> e as referências aos nós que constituem rua.
<b>Relation</b>	Informa sobre o <i>id</i> da relação, os <i>nodes</i> ou <i>ways</i> contidos na relação e a <i>tag</i> com o tipo da relação. <i>E.g.</i> "tag k="type" v="route""
<b>Tag</b>	Par (k,v), onde <i>k</i> é o nome da <i>tag</i> e <i>v</i> o seu valor. Estas descrevem um <i>node</i> ou uma <i>way</i> . <i>E.g.</i> k="name" v="Pastower Straße"

A nível do servidor de base de dados, o sistema operativo selecionado foi o OSGeo [36], baseado no sistema operativo *Lubuntu* [37]. Esta escolha advém do facto do OSGeo disponibilizar uma série de ferramentas para o desenvolvimento de projetos geo-espaciais já pré-configuradas e instaladas, facilitando assim o desenvolvimento deste trabalho. As ferramentas disponibilizadas pelo servidor necessárias para o projeto são:

- **PostGIS** – *Software* de código aberto para adição de dados espaciais a uma base de dados relacional *PostgreSQL* [38]. Será através desta base de dados que será guardada a informação dos mapas OSM.
- **Pgrouting** – Extensão para bases de dados PostGIS que permite o cálculo de rotas e análise de dados geo-espaciais [39]. No contexto deste projeto, esta extensão será utilizada para o cálculo de rotas.

A base de dados *PostgreSQL* é implementada com base na informação do modelo de dados dos mapas OSM. Esse processo está descrito mais à frente neste capítulo.

### 4.1.2. Serviço de meteorologia

No capítulo 3, foi referida a necessidade de utilizar informação meteorológica para o cálculo de rotas e disponibilização de informação de risco. O estado meteorológico é importante para definir o custo das ruas consoante o seu tipo de superfície.

Na Fig. 2, está legendado que o serviço escolhido para a recolha de informação meteorológica é a API do *Open Weather Maps* (OWM). Escolheu-se este serviço pelo facto do seu uso ser gratuito e também pela qualidade da API disponibilizada. Esta possibilita o acesso aos dados relativos a previsões meteorológicas baseadas em coordenadas geográficas, cobrindo cerca de duzentas mil cidades. Além disso fornece dados relativos aos estados meteorológicos, tornando a informação mais granular [40].

### 4.1.3. Servidor aplicacional

A nível funcional, o serviço *web* terá de ser responsável pelo cálculo de rotas otimizadas em função de critérios de segurança e também pelo cálculo do risco posicional do condutor.

O serviço *web* é a solução utilizada para a integração de sistemas de forma a estabelecer a comunicação entre as diferentes aplicações deste projeto. O serviço permite a troca de dados entre diferentes plataformas e tecnologias através da Internet. Para estabelecer a comunicação entre o cliente móvel e o servidor aplicacional, a arquitetura de software escolhida foi o Representational State Transfer (REST). Esta utiliza o protocolo Hypertext Transfer Protocol (HTTP) para a troca de mensagens. A comunicação REST opera sobre os pedidos de GET, POST, PUT, DELETE [41].

O servidor aplicacional selecionado é o *Internet Information Services* (IIS) da *Microsoft* e está alocado num servidor *Microsoft Server 2008* [42]. Estas tecnologias foram as escolhidas pelo facto de serem as utilizadas em projetos na Deloitte Consultores S.A..

### 4.1.4. Serviço de mapas *Android*

Para a representação de mapas no cliente móvel *Android*, optou-se por utilizar a API do *Google Maps v2*. Apesar de esta API ter um limite de pedidos diários (na sua versão gratuita), esta é bastante estável e apresenta uma documentação detalhada. Tem também como vantagem o facto de disponibilizar uma consola onde é possível analisar dados estatísticos relativos à utilização dos mapas.

Outro ponto importante está no design dos mapas *Google*. Este é bastante familiar para os utilizadores, o que contribui para uma boa usabilidade da aplicação móvel.

Neste projeto, a utilização da API do *Google Maps Android* é necessária para:

- 1) Desenho das rotas no mapa;
- 2) Localização do condutor;
- 3) Conversão de moradas inseridas pelo utilizador em pontos geográficos.

## 4.2. Processamento dos dados da ANSR

No capítulo 3 foi identificada a necessidade de desenvolver uma métrica para o cálculo de rotas baseadas em critérios de segurança. Foi referido que a informação de sinistralidade contida no relatório da ANSR permite calcular um custo relativo aos feridos por dia e comprimento das ruas. Devido à grande quantidade de dados contidos na tabela de sinistros do relatório, não seria viável registar todas as entradas da tabela manualmente na base de dados. Como tal, foi criado um processo de conversão de dados do relatório, para uma estrutura de dados na linguagem de programação Java [43].

Converteu-se o relatório inicial que se encontrava em formato *pdf*, num ficheiro de texto, sobre o qual realizamos operações de extração do conteúdo relativo a dados de sinistralidade. O processo de conversão consistiu em utilizar um conversor de ficheiros *online* para traduzir a informação contida no ficheiro *pdf* num ficheiro com o formato texto. O conversor utilizado foi o *Zamzar* [44].

Com a conversão da tabela de sinistros do relatório da ANSR, para um formato de texto, procedeu-se à implementação da função de *parsing*. Esta tem como objetivo analisar o ficheiro de texto e transformar os dados de sinistralidade numa estrutura de dados *Claim*. Na Fig. 3 é possível verificar o código da estrutura de dados *Claim*.



```
public class Claim {  
  
    String municipality;  
    String date;  
    String hour;  
    String deaths;  
    String injuries;  
    String address;  
    String type;  
  
}
```

Fig. 3 – Excerto da classe *Claim*.

Posteriormente passou-se à implementação do valor *FDK* associado a cada rua do mapa OSM. Tal como foi atrás referido, o modelo de dados *XML* dos mapas OSM é totalmente editável. Como tal, decidiu-se introduzir uma nova *tag* ( $k = "risk", v = FDK$ ). Porém, como não é possível averiguar qual o comprimento das ruas no modelo de dados *XML* do mapa OSM, apenas se aplicou o fator temporal à fórmula do *FDK* (3.1). Devido ao facto do relatório de sinistralidade da ANSR ser anual, o número de dias é 365. O comprimento das ruas será mais tarde aplicado ao nível da base de dados espacial. Relembrando mais uma vez o que foi referido no capítulo 3, o valor de  $\alpha$  é 0.7. Desta forma, o número de feridos graves ou mortos terá mais peso no cálculo do risco das ruas. O código para inserção da *tag* ( $k = "risk", v = FDK$ ) está representado na Fig. 4.

```
double risk;  
double ALPHA=0.7;  
int DAYS=365;  
double seriousInj = Double.valueOf(claim.deaths);  
double slightInj = Double.valueOf(claim.injuries);  
  
risk = ((seriousInj*ALPHA + slightInj*(1-ALPHA))/DAYS);  
  
Element riskTag = dom.createElement("tag");  
  
Attr k = dom.createAttribute("k");  
k.setValue("risk");  
  
Attr v = dom.createAttribute("v");  
v.setValue(String.valueOf(risk));  
  
riskTag.setAttributeNode(k);  
riskTag.setAttributeNode(v);
```

Fig. 4 - Código para inserção da *tag* ( $k="risk", v= FDK$ ).

No final, tal como podemos verificar na Fig. 5, todas as ruas possuem a *tag risk* inserida pelo processo anterior.

```
<way changeset="15702650" id="164086043" timestamp="2013-04-12T15:56:14Z" uid="44221" user="dgg" version="3">  
<nd ref="1932354613"/>  
<nd ref="2264608190"/>  
<nd ref="1757440876"/>  
<nd ref="1932354639"/>  
<tag k="highway" v="tertiary"/>  
<tag k="name" v="Rua Elias Garcia"/>  
<tag k="oneway" v="no"/>  
<tag k="source" v="bing"/>  
<tag k="risk" v="0.001643835616438356"/></way>
```

Fig. 5 - Exemplo da inserção da *tag* de risco na rua Elias Garcia, Lisboa.

### 4.3. Implementação da base de dados espacial

Com o processo de *parsing* do relatório anual da ANSR completo e com a inserção das *tags* de risco no mapa OSM da cidade de Lisboa, foi necessário proceder à implementação da base de dados espacial. Estando já o servidor OSGeo instalado no servidor interno da Deloitte Consultores S.A., é necessário utilizar a ferramenta *osm2pgrouting* para proceder à transformação do mapa OSM numa base de dados espacial PostGIS/PostgreSQL. A ferramenta *osm2pgrouting* é um aplicativo que corre na linha de comandos (ver Fig. 6). Esta ferramenta realiza a importação de mapas OSM para uma base de dados com a extensão *pgrouting*, construindo uma topologia de forma automática. As tabelas e relações são automaticamente geradas e contêm informação sobre as ruas, nós e respetivas classes e tipos.

```
osm2pgrouting -file "data/sampledata.osm" \  
              -conf "/usr/share/osm2pgrouting/mapconfig.xml" \  
              -dbname pgrouting-workshop \  
              -user user \  
-host localhost \  
-clean
```

Fig. 6 - Importação de um mapa OSM para uma base de dados *PostGIS* [39].

A utilização deste comando tem em consideração os parâmetros da Tabela 8.

Tabela 8 - Opções da ferramenta *osm2pgrouting* [39].

Parâmetro	Valor	Descrição
<b>-file</b>	<file>	Nome do ficheiro <i>osm</i>
<b>-dbname</b>	<dbname>	Nome da base de dados
<b>-user</b>	<user>	Nome do utilizador com autorização para escrita na base de dados
<b>-conf</b>	<file>	Nome do ficheiro de configurações <i>XML</i>
<b>-host</b>	<host>	<i>IP</i> da base de dados <i>postgresql</i> (Por defeito: 127.0.0.1)
<b>-port</b>	<port>	Porto da base de dados (Por defeito: 5432)
<b>-passwd</b>	<passwd>	Palavra passe para acesso à base de dados
<b>-prefixtables</b>	<prefix>	Valor a adicionar ao início do nome das tabelas
<b>-skipnodes</b>		Opção para não importar a tabela dos nós
<b>-clean</b>		Remover as tabelas criadas anteriormente

A informação proveniente do mapa OSM é guardada nas seguintes tabelas:

- *types* – Tipos das ruas (e.g. auto-estrada);
- *classes* – Classes das ruas (e.g. via para motociclos);
- *nodes* – Lista de todos os nós representados no mapa;
- *relations* – Tabela para registo do tipo e classe das ruas;
- *relation\_ways* – Regista as relações entre as ruas;
- *ways* – Segmentos de pontos entre uma origem e destino;
- *way\_tag* – *Tags* associadas a cada rua;
- *ways\_vertice\_pg* – Nós gerados pelo *pgrouting* no processo de criação da topologia da rede.

Na Fig. 7 é apresentado o diagrama da base de dados, juntamente com as tabelas, atributos e relações. O atributo *osm\_id* representa uma rua no ficheiro XML do OSM. Já o

*gid* é o identificador da rua na base de dados. A razão pela qual o *gid* é utilizado advém do facto de o mesmo *osm\_id* poder ser utilizado por ruas distintas, isto porque um segmento pode ser subdividido em vários componentes.

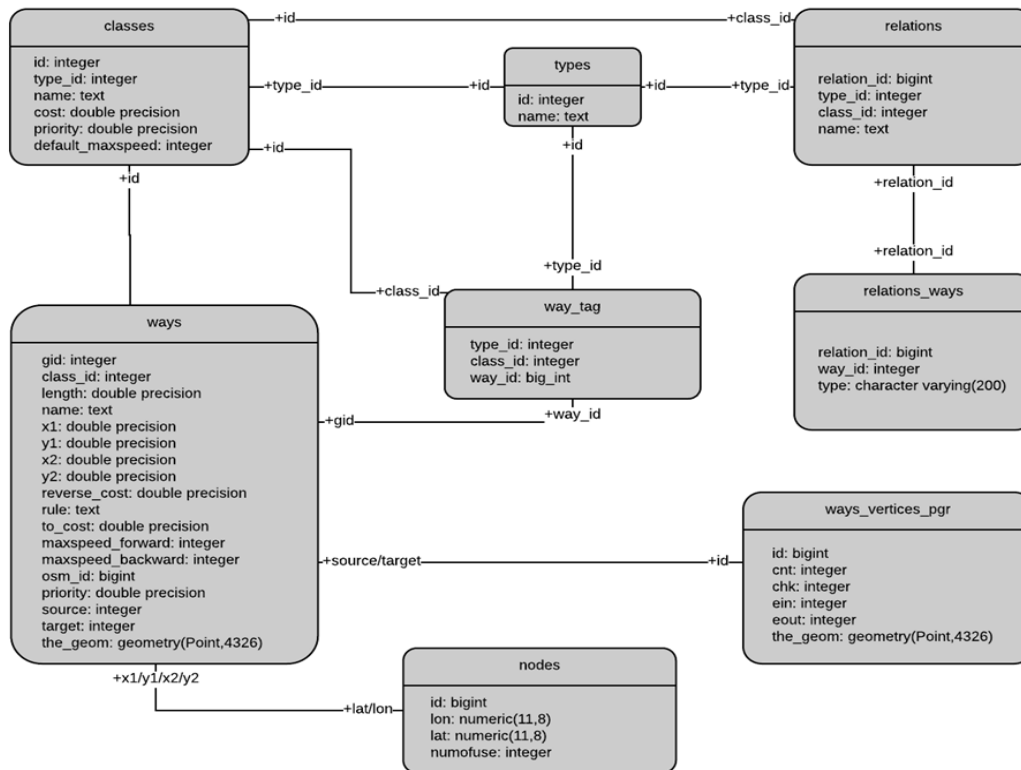


Fig. 7 – Diagrama da base de dados espacial do OSM.

#### 4.3.1. Custo dos feridos por dia e por quilómetro

No processo de *parsing* descrito na secção anterior, foi inserida uma *tag* ( $k = risk, v = FDK$ ) onde o valor de *FDK* apenas continha o valor dos feridos por dia. Como tal, foi necessário proceder à inserção do fator relativo ao comprimento da rua. Para completar esta tarefa procedeu-se da seguinte forma:

- Criação de uma nova tabela *wayrisk*. A tabela *wayrisk* é constituída pela coluna *wayid* (que representa o id da rua) e pela coluna *risk* (que contém o custo relativo ao tipo de sinistro por dia e por quilómetro). Esta tabela relaciona as ruas com o seu risco por dia e por quilómetro.

- b) Utilização da classe Java *RiskParser* para a inserção do par (*wayid*, *risk*) na tabela *wayrisk*. Esta classe contém o método *readFromMap(ArrayList<Risk> wayRisk)* para leitura da *tag risk* previamente inserida no ficheiro XML do OSM. Este método retorna um *ArrayList<wayRisk>* que contém todas as *tags* ( $k = risk, v = FDK$ ) do mapa OSM. Com o *ArrayList* preenchido, é realizada uma conexão à base de dados espacial para inserção dos valores *wayid* e *risk* na tabela *wayrisk*. Na Fig. 8 está descrito o código deste procedimento.
- c) Atualização da coluna *risk*, da tabela *wayrisk* criada no passo a). Esta atualização consiste em dividir o valor *FDK* pelo comprimento da rua. Desta forma finalizamos o cálculo da expressão do risco relativo ao custo dos feridos por dia e quilómetro.

```
try {  
  
    dbConnection=DriverManager.getConnection (SERVICE_URI,  
    USER, PASSWD) ;  
  
    dbStatement=dbConnection.createStatement () ;  
  
    for (Risk risk : wayRisk) {  
  
        dbStatement.executeUpdate ("INSERT into (wayid,risk)  
        VALUES (" + risk.wayid + "," + risk.risk + ")");  
  
    }  
  
} catch (SQLException e ) {  
    e.printStackTrace () ;  
}
```

Fig. 8 - Inserção do risco das ruas na base de dados espacial.

### 4.3.2. Custo da superfície em função do estado meteorológico

Tal como foi referido no capítulo 3, para o cálculo de rotas, é necessário inserir um Custo da superfície em função da meteorologia, a qual chamamos *CSM*. Este custo será configurável na nossa base de dados. Desta forma, a seguradora poderá configurar os valores do custo em função do tipo de superfície das ruas e dos vários tipos de estado meteorológico disponibilizados pela API do OWM. Para a inserção desta camada de informação na base de dados, procedemos da seguinte forma:

- a) Criação da tabela *weather\_cost*. Esta atribui um custo em função do estado meteorológico e da superfície das ruas. A tabela *weather\_cost* contém as colunas *weather\_id*, *surface* e *cost*. A coluna *weather\_id* corresponde aos códigos meteorológicos disponibilizados pela API do OWM. A coluna *surface* representa o tipo de superfície e o *cost* será o valor, entre zero e cem, atribuído à relação da coluna *surface* e *weather\_id*;
- b) Para identificar o tipo de superfície das ruas foi necessário inserir a coluna *surface* na tabela *ways*;
- c) A informação relativa ao tipo de superfície de cada rua está contida no ficheiro *XML* do OSM. De forma a realizar a leitura desses valores e posterior inserção na base de dados foi criada a classe *SurfaceSetter*. Esta realiza o *parsing* do ficheiro e insere o valor do tipo de superfície da rua na coluna *surface*.

## 4.4. Servidor

Esta secção aborda os dois serviços *web* implementados para cálculo de rotas e classificação de risco posicional. Estas funcionalidades estabelecem a comunicação entre o cliente móvel e os serviços de dados.

#### 4.4.1. Cálculo de rotas

O serviço *web* implementado foi desenvolvido para disponibilizar as rotas ao cliente móvel. Neste processo a base de dados efetua o cálculo das mesmas através da função *pgr\_dijkstra(text sql, integer source, integer target, boolean directed, boolean has\_rcost)* da ferramenta *pgrouting*. Dependendo dos parâmetros recebidos, a função retorna a sequência de nós, arestas e respetivos custos, relativos ao caminho entre os pontos de origem e destino.

Tal como foi visto no capítulo 3, para a definição do risco das estradas é necessária informação relativa à meteorologia de modo a calcular o valor do *CSM*. Como tal, o serviço a implementar necessita de consultar o estado meteorológico na API do OWM. Esta consulta ao servidor meteorológico depende da distância entre a origem e o destino da rota. Entre dois pontos localizados no centro da cidade de Lisboa, a rota é calculada utilizando o estado meteorológico atual. Porém, no caso em que o tempo médio previsto para a viagem é superior a três horas, o serviço *web* faz uma previsão meteorológica a três horas. Desta forma é possível variar a rota em função do estado meteorológico futuro. Neste trabalho foi escolhido o valor de três horas pelo facto de ser o tempo mínimo para previsões meteorológicas futuras, na API do OWM. Este modelo poderá ser aperfeiçoado em estudos futuros, visto que não tem em consideração mudanças de fatores como a altitude e poluição. Estes podem, em distâncias inferiores a três horas, causar alterações meteorológicas significativas.

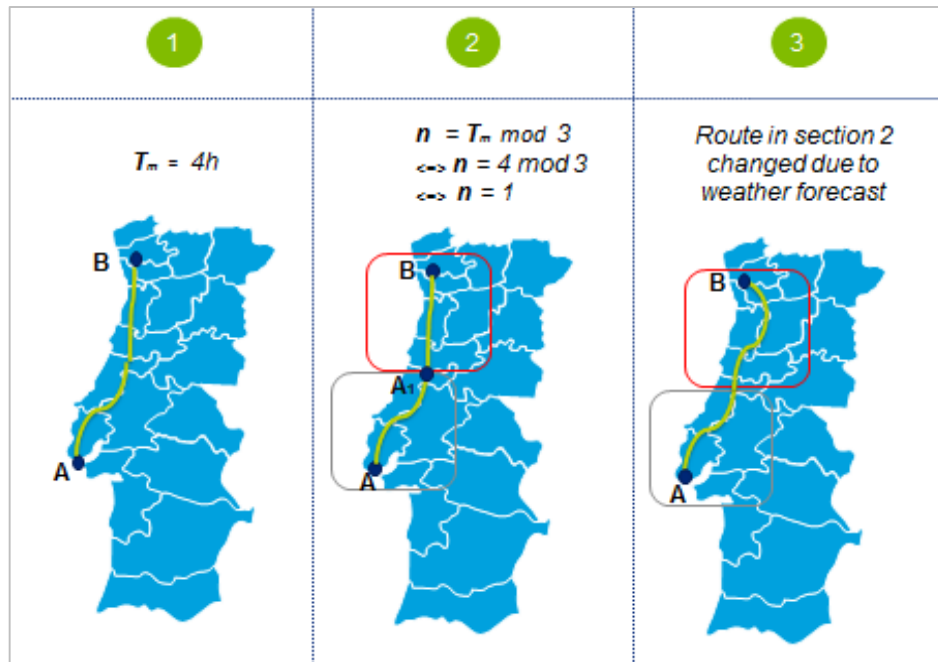


Fig. 9 - Aplicação do estado meteorológico para cálculo de rotas otimizadas em função de critérios de segurança.

Na Fig. 9 está descrito o funcionamento do algoritmo implementado para o cálculo de rotas. Dados dois pontos **A** e **B**, de origem e destino, o algoritmo começa por calcular a rota utilizando o estado meteorológico no ponto **A**. Seguidamente é analisado o tempo médio da viagem  $T_m$ . Este valor é calculado através da tabela *classes* (ver Fig. 7), que contém as velocidades médias para cada tipo de rua (e.g. autoestrada, estrada nacional) [39]. No exemplo da rota calculada na figura 11, o  $T_m$  calculado é de quatro horas. Como este valor é superior a três horas, é necessário dividir o troço em  $n$  fragmentos. Cada fragmento representa uma área com um estado meteorológico distinto. O valor de  $n$  é calculado através do resto da divisão entre o  $T_m$  pelas três horas. No caso da Fig. 9, temos:

$$n = 4 \bmod 3 \quad (4.1)$$

$$n = 1 \quad (4.2)$$

$$N^\circ \text{ fragmentos} = n + 1 \quad (4.3)$$

$$N^\circ \text{ fragmentos} = 2 \quad (4.4)$$

O número de fragmentos em que a rota será dividida é igual a  $n+1$ . Como tal, para o exemplo da Fig. 9 temos a rota dividida em dois fragmentos distintos. A rota presente no primeiro fragmento será sempre igual à calculada inicialmente. Porém, quando é



necessário criar um novo fragmento, é selecionado um ponto intermédio no mapa. Este está localizado a três horas do ponto inicial. Este ponto intermédio faz a ligação entre os dois fragmentos. Desta forma é calculada uma nova rota para o segundo fragmento baseado na previsão meteorológica nesse ponto. No final, a rota obtida é a junção de todos os segmentos em questão.

As previsões meteorológicas são realizadas pela função *getForecastWeatherCode(double lat, double lon, int order)* do nosso servidor aplicacional. O valor do parâmetro *order* será igual ao fragmento (e.g. para o segundo fragmento, o valor do *order* é igual a dois). No final, a função retorna uma *string* com o identificador do estado meteorológico previsto para o fragmento em questão. Para a obtenção do estado meteorológico, é necessário consultar o seguinte URL da API do OWM:

```
http://api.openweathermap.org/data/2.5/forecast?lat=lat&lon=lon&mode=XML&key=OWMkey;
```

Neste caso recebemos uma mensagem no formato *XML*. A mensagem contém todas as previsões meteorológicas a três horas, para as coordenadas selecionadas. De forma a obter o código do estado meteorológico, a função *getForecastWeatherCode* aplica a expressão *XPATH*<sup>1</sup> (Fig. 10) à resposta proveniente do pedido à API do OWM:

```
if (order == 2) {  
    weatherID = Nav.SelectSingleNode("//time[" + (order-1) +  
        "]/symbol/@number").Value;  
}
```

**Fig. 10** - Expressão *XPATH* para recolha do estado meteorológico

Esta estratégia para o cálculo de rotas com previsões meteorológicas futuras permite à aplicação variar as rotas em função do custo da superfície (sendo que esta baseia-se no estado meteorológico para ser calculada).

---

<sup>1</sup> Método baseado em expressões para navegar em elementos e atributos de um ficheiro XML.

#### 4.4.2. Comunicação cliente-servidor no serviço de rotas

Na comunicação cliente servidor, o cliente móvel interage com o servidor aplicativo através de um pedido HTTP. O URL é disponibilizado pelo servidor aplicativo. O esquema de mensagens representante desta comunicação pode ser observado na Fig. 11. Este segue a seguinte sequência:

- 1) Consulta o estado meteorológico para o ponto de origem;
- 2) Cálculo do número de fragmentos do caminho;
- 3) Cálculo das rotas;
- 4) Envio das rotas calculadas através de uma mensagem no formato JSON [45].

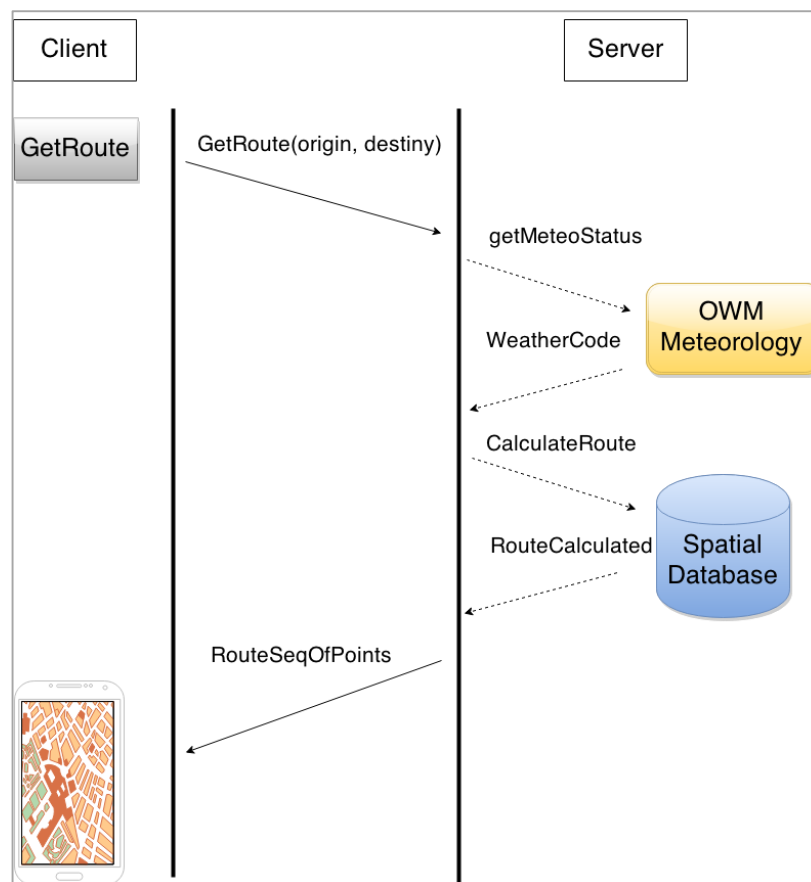


Fig. 11 - Diagrama de mensagens de um pedido de rota

De seguida podemos analisar um exemplo de um pedido/ resposta do serviço *web*:

**Pedido:**

[x.x.x.x/GPSTelematics.svc/route?lata=38.745144&lona=-9.188708&latb=38.739788&lonb=-9.170856](http://x.x.x.x/GPSTelematics.svc/route?lata=38.745144&lona=-9.188708&latb=38.739788&lonb=-9.170856)

**Resposta:**

```
[ [{"Lat":38.7334496,"Lon":-9.1442341}, {"Lat":38.7335258,"Lon":-9.1441815}, {"Lat":38.7336076,"Lon":-9.144145}, {"Lat":38.7336928,"Lon":-9.1441254}, {"Lat":38.7337793,"Lon":-9.1441232}, {"Lat":38.7338098,"Lon":-9.1441093}, {"Lat":38.7338203,"Lon":-9.144069}, {"Lat":38.7338461,"Lon":-9.1438888}, {"Lat":38.7339383,"Lon":-9.1431537}, {"Lat":38.7330826,"Lon":-9.1429689} ],
```

```
[ [{"Lat":38.7334496,"Lon":-9.1442341}, {"Lat":38.7335258,"Lon":-9.1441815}, {"Lat":38.7336076,"Lon":-9.144145}, {"Lat":38.7336928,"Lon":-9.1441254}, {"Lat":38.7337793,"Lon":-9.1441232}, {"Lat":38.7338098,"Lon":-9.1441093}, {"Lat":38.7338203,"Lon":-9.144069}, {"Lat":38.7338461,"Lon":-9.1438888}, {"Lat":38.7339383,"Lon":-9.1431537}, {"Lat":38.7330826,"Lon":-9.1429689} ] ]
```

Na resposta, podemos verificar duas listas de valores. A primeira representa a sequência de pontos relativos à rota do caminho otimizado em função dos critérios de segurança. A segunda sequência representa a rota mais curta. Utilizando a fórmula (3.2), para o cálculo da rota mais curta, atribuímos a  $\beta$  o valor um. Desta forma, a rota é calculada com base no comprimento da rua. Para este cálculo, a função *pgr\_dijkstra* foi utilizada com os seguintes parâmetros:

**Tabela 9** - Parâmetros utilizados na função *pgr\_dijkstra*.

<b>Query SQL</b>	<pre>SELECT gid as id, source::int,target::int, 0.3*((100/Lmax) * length) + 0.7 * (((100/(FDKmax - FDKmin)) * (wr.risk - FDKmin)) * 0.8) + (wc.cost * 0.2)) AS cost FROM waysrisk as wr, ways as w, weather_cost as wc WHERE wr.wayid=w.osm_id AND wc.weather_id = weather_code AND wc.surface=w.surface</pre>
<b>Origem</b>	<i>ways.source</i>
<b>Destino</b>	<i>ways.target</i>
<b>Direcionado</b>	<i>True</i>
<b>Custo reverso?</b>	<i>False</i>

Neste caso, a fórmula utiliza os seguintes pesos:

- $\beta = 0.3$ ;
- $\alpha = 0.8$ .
- $Vp(L) = \frac{100}{0.1276-0} * (L - 0)$ ;
- $Vp(FDK) = \frac{100}{30-0.02} * (FDK - 0.02)$ ;
- $Vp(CSM) = \frac{100}{100-0} * (CSM - 0)$ .

Este serviço é flexível no número de rotas calculadas. Aqui, apenas são calculadas a rota otimizada e a mais curta. Porém, poderão ser adicionadas mais rotas com maior ou menor risco, dependendo dos valores atribuídos a  $\beta$  e  $\alpha$ .

#### 4.4.2. Classificação do risco em função da posição

No capítulo 3 foi apresentado o modelo para a classificação do risco em função da posição dos condutores. Este modelo tem como objetivo classificar cada um dos parâmetros de risco selecionados com base no índice de gravidade apresentado pelo relatório da ANSR.

Tendo em conta o modelo definido, foi implementado um serviço *web* para disponibilizar a informação de risco aos condutores. O serviço recebe como parâmetros a posição atual do condutor, a sua idade, a hora, o dia da semana e o mês. O posicionamento do condutor permite obter o estado meteorológico na zona em que o mesmo se encontra. Além do estado meteorológico, é possível consultar a base de dados espacial para obter o valor do *FDK* e do *CSM*. Desta forma, é possível calcular o custo de sinistralidade do condutor, através da expressão (3.4).

Embora a idade não esteja a ser utilizada como parâmetro de risco, foi inserida como parâmetro a receber pelo serviço devido ao facto de, no futuro, poder vir a ser usada como parte integrante do cálculo do risco. A hora, dia da semana e mês do ano permitem ao serviço calcular o risco utilizando as tabelas 4, 5 e 6 definidas no capítulo 3. Na Tabela 10 está representada o código para atribuição do risco do mês. O custo é calculado utilizando

a função  $Vp(Mês)$  também definida no capítulo 3. No caso dos meses do ano, o mês de Dezembro (que possui o índice de gravidade mais elevado) terá um custo de 100.

**Tabela 10** - Custos aplicados aos meses do ano.

Mês	Custo ( $VP(Mês)$ )
Janeiro	40,91
Fevereiro	18,18
Março	40,91
Abril	40,91
Maio	18,18
Junho	40,91
Julho	50,00
Agosto	59,09
Setembro	50,00
Outubro	22,73
Novembro	59,09
Dezembro	100,00

No final, é aplicada a fórmula (3.5) para o cálculo do risco global. No caso deste protótipo foram atribuídos os seguintes valores aos pesos da fórmula:

- $\vartheta = 0.2$
- $\theta = 0.2$
- $\beta = 0.2$
- $\mu = 0.4$

Com a atribuição destes pesos temos que, para o cálculo do risco global, o fator que tem maior relevância é o custo de sinistralidade associado à rua. Este depende do valor do *CSM* e do *FDK*. Aos restantes parâmetros de risco foi atribuído o mesmo valor. Como tal, a hora, o dia e o mês têm o mesmo peso no cálculo do risco global. Com este modelo é evidenciada a maior importância dos dados que estão guardados em base de dados (*CSM* e *FDK*). A razão para esta escolha advém do facto de, no futuro, a base de dados poder ser integrada no registo de sinistros das seguradoras. Dessa forma, a granularidade da

informação de risco de cada rua será mais elevada, providenciando assim informação mais concreta sobre a segurança das estradas.

Relativamente aos pesos atribuídos, pretende-se que seja a seguradora a definir o seu próprio modelo. Mais uma vez, pretende-se tornar a aplicação o mais flexível possível, podendo ser aplicada numa perspetiva de multi-seguradora e multi-produtos de seguros.

#### 4.4.3. Comunicação cliente-servidor para o cálculo do risco posicional

O esquema de mensagens cliente-servidor idealizado para o serviço de cálculo de risco instantâneo poderá ser verificado na Fig. 12. Este executa os seguintes procedimentos:

1. Consulta o estado meteorológico na API do OWM;
2. Informação de sinistralidade:
  - a. Consulta à base de dados espacial para obter valor do *FDK* na localização atual do condutor;
  - b. Consulta à base de dados espacial para obtenção do valor do *CSM* na localização atual do condutor;
3. Calcula o custo de sinistralidade (3.4);
4. Calcula o custo global do risco;
5. Procede ao envio da resposta contendo a classificação dos parâmetros de risco, através de uma mensagem JSON. É também adicionada informação extra relativa à localização do condutor. Essa informação contém a cidade, país e código do estado meteorológico atual.

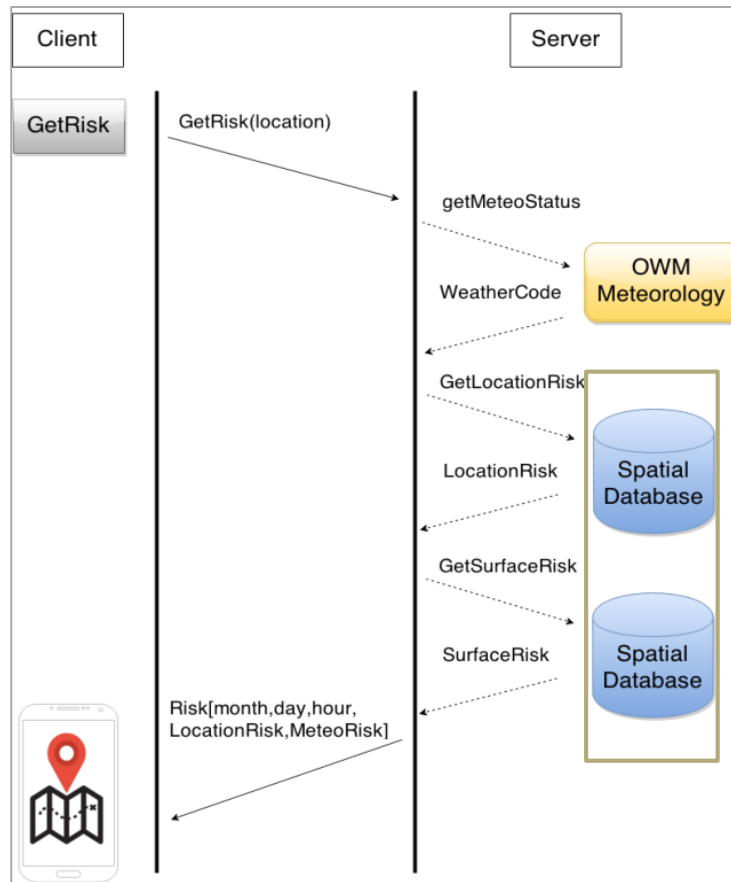


Fig. 12 - Diagrama de mensagens do pedido de informação de risco.

Em baixo, segue o exemplo de um pedido e resposta para este serviço. Neste caso, o pedido realizou-se a uma terça-feira, em Maio, às quinze horas.

#### Pedido:

[X.X.X.X/GPSTelematics.svc/wayRisk?lat=38.7331&lon=-9.144162&age=23&month=5&day=3&hour=15](http://X.X.X.X/GPSTelematics.svc/wayRisk?lat=38.7331&lon=-9.144162&age=23&month=5&day=3&hour=15)

#### Resposta:

```
{"city":"Lisboa","country":"PT","latitude":38.733185,"longitude":-9.144162, "weatherID":"800", "day_risk":1.8, "hour_risk":1.4,"month_risk":0.4,"DBrisk":67.8,"globalRisk":27.84}
```

### 4.5. Aplicação móvel

A aplicação móvel desenvolvida para este projeto seguiu os requisitos técnicos e funcionais definidos no capítulo 3. O objetivo da aplicação é permitir o cálculo de rotas otimizadas em função de critérios de segurança e disponibilizar informação de risco. O desenvolvimento da aplicação seguiu o fluxo aplicacional definido na Fig. 13.

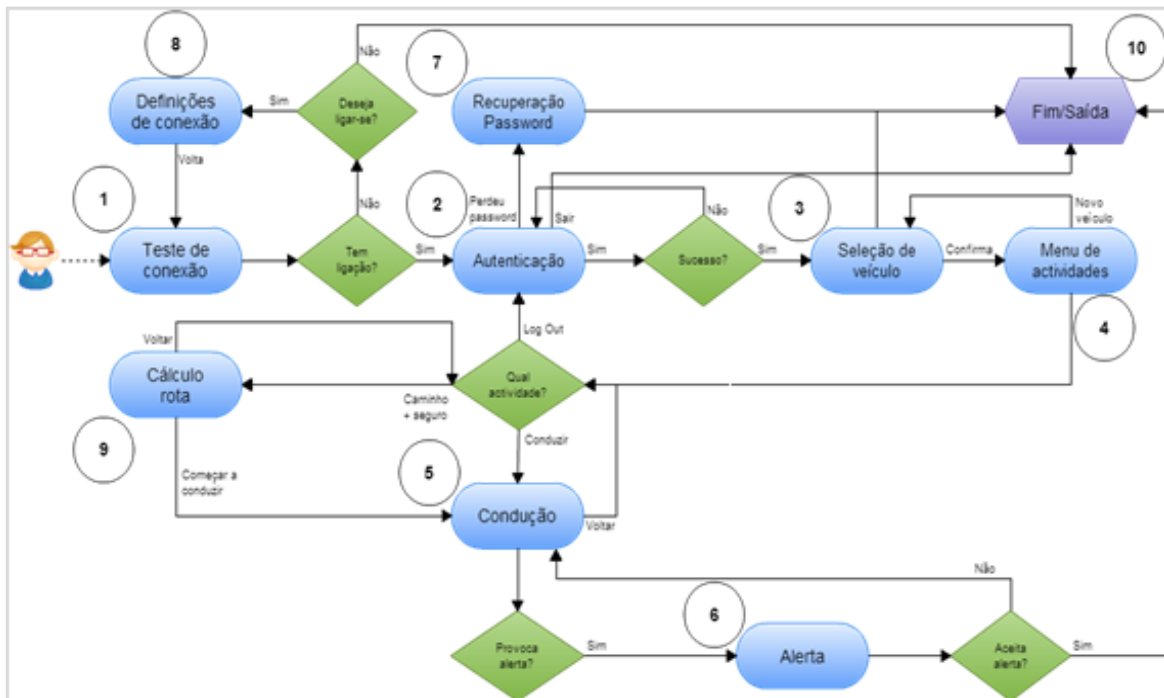


Fig. 13 - Fluxo aplicacional da aplicação GPS Telematics.

Podemos verificar na Tabela 11 as funcionalidades de cada um dos estados representados na Fig. 13.



Tabela 11 - Estados da aplicação GPS Telematics.

Estado	Descrição	Funções
1	Teste de conexão wi-fi e GPS	<ul style="list-style-type: none"><li>Validação do estado da ligação <i>wi-fi</i> e GPS;</li></ul>
2	Autenticação	<ul style="list-style-type: none"><li>Autenticação;</li><li>Receção de dados do cliente;</li><li>Saída da aplicação.</li></ul>
3	Seleção do veículo da apólice	<ul style="list-style-type: none"><li>Apresentação dos veículos associados à apólice do cliente;</li></ul>
4	Escolha de atividades	<ul style="list-style-type: none"><li>Escolha da atividade de amostragem de perfil e <i>KPIs</i> do cliente*;</li><li>Escolha das atividades de condução e georreferenciação;</li><li><i>Log out</i> da conta do cliente</li></ul>
5	Condução	<ul style="list-style-type: none"><li>Indicador do nível de sinistralidade local;</li><li>Indicador de risco horário;</li><li>Indicador de risco diário;</li><li>Indicador de risco de sinistralidade;</li><li>Indicador posicional geográfico;</li><li>Apresentação de mapa.</li></ul>
6	<i>Banner</i> de alerta	<ul style="list-style-type: none"><li>Disponibilização do alerta;</li><li>Reencaminhamento do condutor p/ serviço.</li></ul>
7	Recuperação de <i>password</i>	<ul style="list-style-type: none"><li>Reencaminhamento do cliente para o seu <i>email</i>.</li></ul>
8	Definições wi-fi e GPS do dispositivo	<ul style="list-style-type: none"><li>Disponibiliza o menu de configurações do dispositivo para a ativação GPS e <i>wi-fi</i>.</li></ul>
9	Cálculo de rota	<ul style="list-style-type: none"><li>Possibilita o cálculo da rota otimizada em função de critérios de segurança;</li><li>Recebe endereços de morada para a origem e destino do trajeto;</li><li>Apresentação das rotas, mais curta e a otimizada em função da segurança.</li></ul>
10	Fim/Saída	<ul style="list-style-type: none"><li>Fim do ciclo aplicacional;</li><li>Redirecionamento para outros serviços.</li></ul>
11 *	Indicadores de performance e perfil do condutor	<ul style="list-style-type: none"><li>Verificação das informações básicas do cliente;</li><li>Apresentação dos resultados relativos aos indicadores de performance do cliente (<i>rating</i> de condução, travagens.</li></ul>

\* Não incluído no âmbito deste trabalho

### 4.5.1. Cálculo de rotas

O cliente móvel comunica com o serviço *web* implementado para o cálculo de rotas de forma a obter as rotas relativas ao caminho mais curto e ao caminho mais curto otimizado em função de critérios de segurança. Sendo que o serviço *web* necessita de receber as coordenadas das posições de origem e destino da rota pretendida, o ecrã para o cálculo foi desenvolvido para que o utilizador pudesse seleccionar os mesmos (inserindo as moradas). No final o mesmo ecrã apresenta as rotas calculadas pelo serviço.

Cada projeto *Android* inclui um ficheiro *AndroidManifest.XML*, guardado na raiz do mesmo. Neste ficheiro é definida a estrutura, os meta-dados e os componentes da aplicação. É nele que são declaradas as atividades que definem cada um dos ecrãs, os *Services*, *Receivers*, a versão da aplicação e as respetivas permissões que a aplicação terá ao ser instalada no *smartphone*.

Uma *Activity* é um ecrã numa aplicação *Android*. Cada *Activity* é implementada como uma única classe que se estende a partir da classe base *Activity*. Essa classe irá mostrar uma interface composta por *Views*, a qual irá responder a eventos por parte do utilizador. A mudança de um ecrã para outro é realizada através do início de uma nova *Activity*. Quando um novo ecrã abre, o seu antecessor fica em *standby* e é colocado numa pilha, permitindo ao utilizador navegar entre eles. Para realizar uma mudança de ecrã o *Android* utiliza uma função *startActivity*. Esta pode incluir como parâmetro uma instância de uma classe especial chamada *Intent*. Nesta podemos definir parâmetros que sejam necessários para a inicialização da nova *Activity*.

A *Activity* responsável pelo ecrã de cálculo de rotas é *RouteMap.java* e implementa a interface *RouteInterface.java*. Uma interface é um recurso que permite que um determinado grupo de classes possa ter métodos ou propriedades em comum num determinado contexto. Neste caso o método desta interface é utilizado para desenhar rotas em mapa. Esse método é o *setPath(ArrayList <ArrayList <LatLng>> paths)* e é utilizado para desenhar as duas rotas relativas ao caminho mais curto e ao otimizado em função de critérios de segurança.

Relembrando o que foi referido na arquitetura do sistema, o *software* utilizado para a apresentação do mapa foi a API do *Google Maps Android v2*. Para a sua utilização foi necessário importar a biblioteca *google-play-services\_lib* ao projeto.

Para que o utilizador possa escolher a origem e destino das suas rotas, foram criadas duas caixas de texto para inserir as moradas pretendidas. De forma a transformar uma morada ou uma descrição de um local, numa localização (latitude, longitude), é utilizada a classe *Geocoder*. O método utilizado foi o *List<Address> getFromLocationName(String locationName, int maxResults)*, onde o parâmetro *locationName* é a morada inserida pelo utilizador e o *maxResults*, será o número máximo de resultados disponibilizados pelo serviço. No caso deste protótipo o valor de *maxResults* é três. Na Fig. 14 está representado o código da função *List<Address> getLocation(String fromAddress, List<Address> originGeocoding)*.

Uma localização é representada pela classe *Android, Address*. Esta contém informação de uma morada, assim como a sua descrição, latitude e longitude.

```
public List<Address> getLocation(String fromAddress,
    List<Address> originGeocoding) throws IOException{

    Geocoder googleGeocoder = new Geocoder(Map.this);

    originGeocoding =
        googleGeocoder.getFromLocationName(fromAddress);

    return originGeocoding;
}
```

Fig. 14 - Função *List<Address> getLocation(String fromAddress, List<Address> originGeocoding)*.

O objetivo deste procedimento é recolher as coordenadas geográficas dos pontos de origem e destino e utilizar as mesmas para invocar o serviço para o cálculo de rotas. Relembrando o serviço implementado, este utiliza o método *route(Double lata, Double lona, Double latb, Double lonb)*, onde o ponto de origem tem coordenadas (*lata, lona*) e o ponto de destino tem coordenadas (*latb, lonb*). Como tal, após a obtenção das posições de origem e destino, é necessário utilizar um método para a invocação do serviço. Este processo é realizado através da classe *RouteAsync.java* que de forma assíncrona realiza o pedido ao serviço *web*. A classe *RouteAsync* representa uma *Task*. Uma *Task* é responsável por encapsular um processo, fornecendo métodos para modificar a UI antes, durante e após a execução. Daí a existência de um método *onPreExecute()*, que é

responsável por tratar o pedido antes da sua execução. O método *doInBackground()* realiza todo o procedimento assíncrono e por fim, o método *onPostExecute()* define o procedimento após a execução do método *doInBackground()*. No nosso caso, o método *doInBackground()* é o responsável por estabelecer a conexão ao serviço do cálculo de rotas.

No momento em que é recebida a resposta do servidor, caso esta não corresponda a um erro, as rotas provientes são transformadas num *ArrayList<LatLng>*, que contém a sequência de pontos de cada rota. No final, no método *onPostExecute()*, é invocado o método *setPath*, definido na interface *RouteInterface* e implementado pela *Activity RouteMap*.

Na Fig. 15 podemos visualizar o código do método *onPostExecute( ArrayList<ArrayList<LatLng>> RouteResults)*.

```
protected void onPostExecute (ArrayList < ArrayList<LatLng>>
                             results) {

    super.onPostExecute (result) ;

    iroute.setPath (result) ;
    dialog.dismiss () ;

}
```

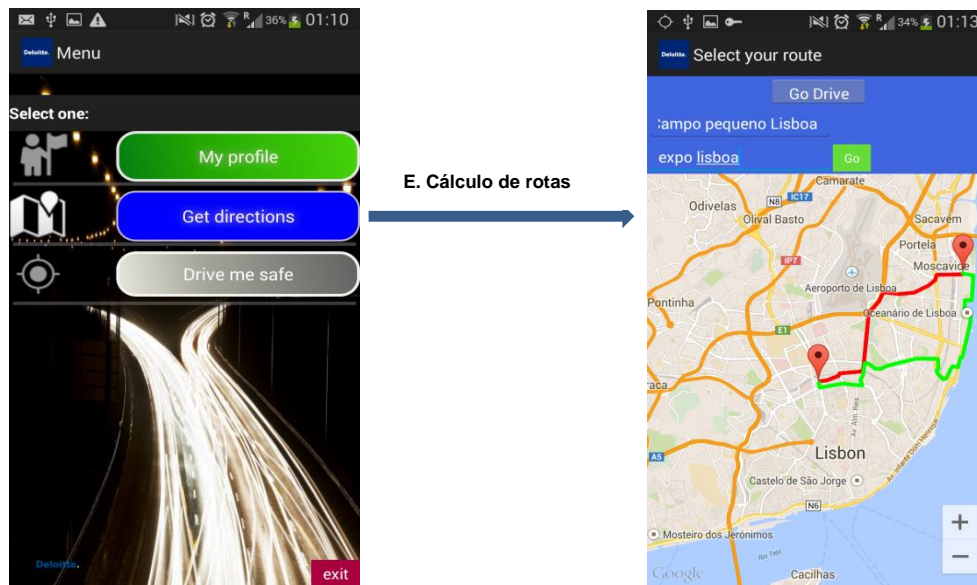
**Fig. 15** - Método *onPostExecute( ArrayList<ArrayList<LatLng>> RouteResults)*.

O método *setPath(ArrayList <Arraylist <LatLng>> paths)* (definido na classe *RouteMap.java*) tem como função desenhar o caminho mais curto no mapa, com uma cor vermelha, pelo facto de este não ter em conta os critérios de segurança. Quanto ao caminho otimizado em função de critérios de segurança, este será desenhado com uma cor verde. Para se apresentar esta sequência de pontos no mapa, é necessário utilizar a classe *PolylineOptions*. Esta classe define a estrutura e opções de uma linha no mapa. Neste caso, utilizamos o *add(LatLng point)* para adicionar a sequência de pontos associada a cada uma das rotas. No final, utilizamos o método *setColor(int color)*, para definir a cor da rota. Na Fig. 16 podemos verificar o código para a adição de pontos e definição da cor na rota com o caminho mais curto em função de critérios de segurança.

```
po_safe = new PolylineOptions();  
  
for(int i = 0; i<routeList.get(0).size; i++)  
{  
  
    po_safe.add(routeList.get(0).get(i));  
}  
  
po_safe.color(Color.GREEN);
```

**Fig. 16** - Definição dos pontos e cor da rota com o caminho mais curto em função de critérios de segurança.

No final, pretende-se que as rotas sejam apresentadas no visor. A interface foi implementada de forma a estar dividida em duas secções. A primeira para a pesquisa de moradas e a segunda, de forma a apresentar o mapa e as rotas calculadas pelo serviço. No ecrã da atividade (Fig. 17) apresenta-se a rota mais curta e a rota otimizada em função de critérios de segurança entre o Campo Pequeno e a Expo em Lisboa. Na Fig. 17 é também mostrado o menu de seleção de atividades.



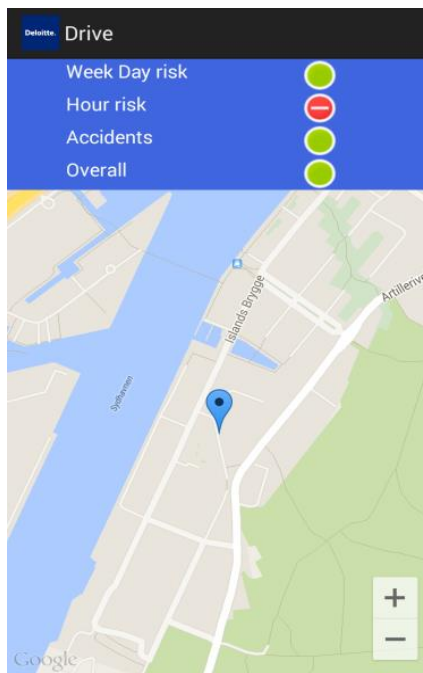
**Fig. 17** – Menu de escolha de atividades e ecrã de cálculo de rotas entre o Campo Pequeno, Lisboa e Expo, Lisboa.

O utilizador poderá ainda seleccionar o botão *Go Drive* para ser reencaminhado para a atividade de condução.

## 4.5.2. Disponibilização de informação de risco

Para disponibilizar a informação de risco em função da posição dos condutores, desenvolveu-se a atividade *DriveRisk*. Esta atividade tem como função mapear o posicionamento do condutor no mapa e, para cada ponto, apresentar a informação de risco relativa à hora, dia da semana, risco de sinistralidade da rua e, por fim, o risco global do local. Estes dados são provenientes do servidor, através do serviço *wayrisk*(*Double lat, Double lon, int age, int month, int hour*).

O ecrã para esta atividade foi desenvolvido de forma a ter uma secção superior que apresenta, para cada parâmetro de risco, um sinal com uma cor verde ou vermelha, dependendo do nível mesmo. Tal como foi referido, se o condutor estiver a conduzir às quatro horas da manhã, o risco da hora será o máximo (100). Como tal, o sinal de risco relativo à hora terá a cor vermelha. Na Fig. 18 podemos observar um exemplo da interface desta atividade.



**Fig. 18** - Ecrã para visualização do risco.

A posição do condutor é obtida através de GPS ou pelo serviço de localização Android. Caso não seja detetada nenhuma localização, o utilizador será avisado com um alerta. A classe responsável pela leitura posicional do dispositivo é a *GPSTracker*. Esta utiliza o método pré-definido em *Android*, *getLastKnownLocation*, para obter a última localização

proveniente do sensor. O sensor de localização é gerido pela classe *LocationManager*. De forma a minimizar o consumo de bateria do dispositivo é necessário reduzir o número de pedidos aos serviços de localização. Como tal, a posição do condutor apenas é consultada se a diferença entre a última posição e a nova for igual ou superior a dez metros ou então, quando o tempo decorrido desde a última interação seja igual ou superior a dez segundos. O método responsável pela atualização de localização é o *requestLocationUpdates(String Provider, long minTime, float maxDistance)*. No caso do nosso projeto, o *minTime* é dez segundos e o *maxDistance* é dez metros. Na Fig. 19 podemos ver o código para obter a posição através do sensor GPS.

```
if (isGPSEnabled) {  
  
    locationManager.requestLocationUpdates(  
        locationManager.GPS_PROVIDER,  
        MIN_TIME_BW_UPDATES,  
        MIN_DISTANCE_CHANGE_FOR_UPDATES, this);  
  
    if (!locationManager.equals(null)) {  
  
        location = locationManager  
            .getLastKnownLocation(locationManager.GPS_PROVIDER);  
  
        if (!location.equals(null)) {  
  
            latitude = location.getLatitude();  
            longitude = location.getLongitude();  
  
        }  
    }  
}
```

Fig. 19 - Código para obter a posição através do sensor GPS.

Cada vez que é gerada uma nova localização do condutor, é estabelecida uma comunicação ao serviço *WEB* para obtenção da informação de risco do local. Tal como na atividade *RouteMap*, é utilizada uma *AsyncTask* para proceder à comunicação. Essa classe é a *GetRiskAsync* e no seu método *doInBackground* é enviado o pedido ao serviço *wayRisk*. No final, os dados de classificação de risco são guardados na classe *RiskInfo* (ver Fig. 20).

```
public class RiskInfo {  
  
    public double latitude;  
    public double longitude;  
    public double globalRisk;  
    public double dbRisk;  
    public double monthRisk;  
    public double dayRisk;  
    public double hourRisk;  
}
```

**Fig. 20** - Classe e construtor *RiskInfo*.

Por último é necessário mapear os valores provenientes do servidor para a interface. Será da responsabilidade da seguradora definir os critérios para apresentação da informação de risco. A seguradora poderá definir os intervalos de risco em que a classificação do mesmo terá uma cor vermelha ou verde. Porém, para a definição deste projeto (tendo em conta que o universo de dados estudado foi o do distrito de Lisboa no ano 2013) decidiu-se atribuir a cor vermelha aos parâmetros de risco com custo superior a 80. Estes valores servem para aproximar a expressão definida do contexto real. No entanto, esta definição de custos será da responsabilidade da seguradora, visto que depende da sua carteira de clientes e do perfil dos condutores.

## 4.6. Testes

Para testar a aplicação foram usados dois programas: o *Monkey Test* [32] é um *plugin* do Eclipse chamado *FindBugs* [46]. Começando pelo *FindBugs*, este é uma ferramenta de análise estática que examina as classes existentes no projeto procurando possíveis problemas durante o desenvolvimento. É utilizado numa perspetiva de apoio ao programador na correção do seu código. Deteta más práticas de programação, analisa o desempenho e deteta vulnerabilidades de segurança da aplicação. Desta forma, o código desenvolvido seguiu os critérios de qualidade a implementar em projetos da empresa Deloitte Consultores S.A., reduzindo significativamente os erros técnicos da aplicação. Estes erros foram detetados e corrigidos progressivamente, enquanto o código foi desenvolvido.



Após a aplicação ser testada ao nível de código, foi necessário testar a performance do sistema e da interface gráfica como um todo. Para efetuar esse teste foi usada a ferramenta *Monkey Test*, que corre a partir da linha de comandos e vem pré-instalada juntamente com o SDK do *Android*. O seu funcionamento consiste no envio de eventos aleatórios para o dispositivo, efetuando um teste de *stress* da interface. Os eventos são simulações de ações no sistema. Podem ser simulados eventos relativos ao clique de botões do dispositivo (tal como o botão *Home*, *Back*) e eventos de escrita no teclado ou de simulação de toques no ecrã. Se a aplicação falhar ou receber uma exceção de execução, o *Monkey Test* automaticamente cancela o processamento e reporta o erro na linha de comandos. Nos casos em que a interface do utilizador congela e fica sem resposta, o *Monkey Test* também para todo o processamento e reporta essa situação.

Os testes com a ferramenta *Monkey Test* utilizaram três dispositivos diferentes. O *Samsung Galaxy s3*, *s4* e *s5*. O objetivo era observar o comportamento da aplicação em três versões diferentes de sistemas *Android*. Nestes casos não existiu nenhuma anomalia nos testes, tendo estes terminado com sucesso.



## Capítulo 5

# Conclusão

A aplicação GPS Telematics foi desenvolvida para que as seguradoras possam fornecer um novo serviço aos seus clientes, reduzindo assim a probabilidade de ocorrência de sinistros. Assim, as seguradoras poderão reduzir a taxa de indemnizações pagas por sinistros. Por outro lado, pelo facto de não existir nenhum serviço que efetue o cálculo de rotas em função de critérios de segurança, faz com que as seguradoras possam oferecer um serviço inovador no mercado.

Relativamente à informação da ANSR, achamos que esta satisfaz as necessidades deste projeto. Os dados contidos no relatório da cidade de Lisboa foram valiosos para a implementação do serviço de rotas e também para o serviço de disponibilização de informação de risco. A completude do relatório forneceu à aplicação informação real bastante granular.

De seguida analisamos os objetivos previstos/ alcançados para a aplicação.

### 5.1. Objetivos alcançados

Para o desenvolvimento deste projeto foram definidos os seguintes objetivos:

1. Desenvolver soluções para inferir o risco de sinistralidade rodoviária;
2. Sugerir ao condutor rotas otimizadas em função de critérios de segurança;
3. Informar o condutor, em tempo real, do risco de acidente na via em que circula;
4. Permitir às seguradoras o envio de alertas baseados na localização dos seus clientes;
5. Capacitar a seguradora com informação relativa ao risco dos seus clientes.

Com a conclusão da aplicação GPS Telematics, as seguradoras têm a possibilidade de estudar as rotas dos seus clientes e principalmente, integrar a informação de risco geográfica com as medições de um aparelho de telemática automóvel. Por exemplo, se um

condutor estiver localizado numa zona de alto risco de sinistralidade e conduzir com excesso de velocidade, significa que é um condutor de risco elevado.

Relativamente ao cálculo de rotas em função de critérios de segurança, esta funcionalidade foi implementada com sucesso e funciona de acordo com as expectativas. O facto de o serviço ser totalmente flexível permite que as seguradoras possam apresentar diferentes rotas, dependendo dos pesos definidos. No caso deste protótipo apresentamos duas rotas, porém o serviço *web* é configurável para apresentar qualquer número de rotas.

Quanto ao objetivo de apresentar informação de risco em tempo real, esse também foi implementado com sucesso. A informação proveniente do relatório da ANSR foi essencial e permitiu definir padrões de risco com exatidão, baseados em casos reais. A interface *Android* associada a este serviço apresenta a informação relativa aos critérios de risco. No ecrã, o condutor consegue ter acesso ao risco dos diferentes parâmetros e também à sua localização atual.

Relativamente à capacitação das seguradoras em enviar alertas baseados na localização dos seus clientes, este objetivo foi também alcançado com sucesso. Com o desenvolvimento da base de dados espacial, é possível localizar o cliente. Esta localização tem vindo a ser utilizada pela tese Insurance Telematics, desenvolvida em simultâneo na Deloitte Consultores S.A.. Neste caso, o sistema da tese Insurance Telematics acede à base de dados espacial de forma a analisar a localização do condutor. Por exemplo, quando o condutor está localizado perto de um aeroporto, o serviço do Insurance Telematics envia um alerta para o cliente, perguntando se este vai viajar e pretende adicionar uma cobertura do seu seguro no estrangeiro. Esse alerta é apresentado na aplicação GPS Telematics.

Por fim, quanto à capacitação da seguradora com informação de risco, este objetivo foi igualmente cumprido. Tal como foi inicialmente referido, com a informação de risco proveniente da aplicação GPS Telematics, as seguradoras podem calcular o risco dos seus clientes com maior precisão. Utilizar a aplicação em conjunto com um sistema de telemática automóvel, permite que os dados de condução sejam a informação de risco das estradas.

## 5.2. Trabalhos futuros

Existem diversos trabalhos a realizar no futuro de forma a melhorar a aplicação. Como já foi referido anteriormente, apesar da informação de risco proveniente da ANSR ter sido suficiente para o desenvolvimento deste projeto, a inclusão de outro tipo de dados, tal como a informação de trânsito, seria uma mais-valia para o serviço. Concluimos também que a integração do sistema com o *core* da seguradora aumentará significativamente a precisão dos serviços. Isto porque capacitaremos a base de dados espacial com o registo de sinistros da seguradora. Este, além de aumentar o volume de dados, contém também outro tipo de informações de sinistralidade que não estão contidos no relatório da ANSR, tal como sinistros associados a furtos de automóveis ou a acidentes sem feridos.

Embora o modelo para a classificação de parâmetros de risco esteja orientado à configuração das seguradoras, será conveniente realizar estudos para ajudar as mesmas a definir os seus critérios com maior precisão. Esse processo está também dependente do volume de dados. Neste projeto utilizou-se apenas os dados de acidentes no distrito de Lisboa, porém ao se estender esse registo de dados a todo o território nacional ou europeu, será possível criar uma definição de risco mais granular. Outro ponto alvo de trabalhos futuros será a inclusão de novas classificações de risco, tal como a idade do condutor, os anos de condução, a luminosidade e o trânsito.

Por fim, apesar de a interface desenvolvida estar adaptada a um ambiente de condução, serão necessários testes (por peritos em segurança rodoviária) de forma a confirmar que a mesma não perturba o condutor.



## Bibliografia

- [1] “Deloitte official webpage.” [Online]. Available: [www.deloitte.com](http://www.deloitte.com). [Accessed: 10-Sep-2015].
- [2] Y. Yoo, “Computing in Everyday Life: A Call for Research on Experiential Computing,” *MIS Q.*, vol. 34, no. 2, 2010.
- [3] M. Broy, I. Kruger, A. Pretschner, and C. Salzmann, “Engineering automotive software,” *Proc. IEEE*, vol. 95, no. 2, pp. 356–373, 2007.
- [4] F. Services and SAS, “Telematics : How Big Data Is Transforming the Auto Insurance Industry,” 2013.
- [5] X. S. Zheng, J. J. W. Lin, S. Zapf, and C. Knapheide, “Visualizing user experience through ‘perceptual maps’: Concurrent assessment of perceived usability and subjective appearance in car infotainment systems,” *Digit. Hum. Model.*, pp. 536–545, 2007.
- [6] S. Schuermans and M. Vakulenko, “Apps for Connected Cars? Your Mileage May Vary,” 2014.
- [7] Gartner., “What to Expect at CES 2014 - Connected Cars,” 2013. .
- [8] W. Stallings and P. Hall, *Wireless Communications & Networks*, 2nd ed. Prentice Hall, 2004.
- [9] J. Paefgen, L. Ackermann, L. Egli, T. Staake, J. Best, and E. Fleisch, “Telematics strategy for automobile insurers,” 2013.
- [10] F. S. O HENFRIDSSON, H HOLMSTROEM, R LINDGREN, CM OLSSON, *Vehicles of the future: A meeting of two mobile words*. 2003.
- [11] R. Goregaonkar and P. S. Bhosale, “Safe Driving and Accidental Monitoring Using GPS System and Three Axis Accelerometer,” vol. 3, no. 11, pp. 122–125, 2013.
- [12] A. Karimi, J. Olsson, and J. Rydell, “A Software Architecture Approach to Remote Vehicle Diagnostics,” 2004. .
- [13] S. Friedman and M. Canaan, “Overcoming speed bumps on the road to telematics,” New York, 2010.
- [14] “Drive like a girl.” [Online]. Available: [www.drivelikeagirl.com](http://www.drivelikeagirl.com). [Accessed: 23-Jun-2015].
- [15] “Drive like a girl - accident alert,” 2015. [Online]. Available: [www.drivelikeagirl.com](http://www.drivelikeagirl.com). [Accessed: 23-Jan-2015].
- [16] “RAC Telematics - car accidents detection system.” [Online]. Available: <http://www.rac.co.uk/business/sme/telematics/>.
- [17] S. Ford, “Telematics: A 21st Century Service Opportunity?,” *Mot. Mag.*, 2002.
- [18] “gamificação,” *Dicionário da Língua Portuguesa com Acordo Ortográfico*. Porto: Porto Editora.
- [19] “Deloitte: D-rive telematics application.” [Online]. Available:

- <http://www2.deloitte.com/us/en/pages/strategy/solutions/d-rive-powered-by-deloitte-mobile-telematics-solution-for-auto-insurers.html>. [Accessed: 12-Mar-2015].
- [20] J. M. Echeverry, V. Vasquez, J. Aguirre, and D. Contreras, “Low Cost Obtainment of Vehicle Performance Curves and Values Experimentally by Means of the OBD2 Port,” p. 9.
- [21] B. Birnbaum, A. Brande, S. Castagna, A. Greenberg, R. Harbage, and A. Obersteadt, “Usage-Based Insurance and Vehicle Telematics : Insurance Market and Regulatory Implications Dimitris Karapiperis and,” no. March, 2015.
- [22] P. H. Andel, I. Skog, J. W. Om, F. Bonawiede, R. Welch, M. Ohlsson, H. Peter, S. Member, I. S. Member, J. Wahlstr, F. Bonawiede, J. Ohlsson, and M. Ohlsson, “Insurance telematics : opportunities and challenges with the smartphone solution Insurance telematics : opportunities and challenges with the smartphone solution,” 2014.
- [23] R. Prime, “Aviva Telematics Insurance Review,” 2013. [Online]. Available: <http://www.telematics.com/aviva-telematics-insurance-review/>. [Accessed: 12-Jan-2015].
- [24] “Metromile.” [Online]. Available: <https://www.metromile.com/>. [Accessed: 12-Dec-2014].
- [25] “DriveSafe.” [Online]. Available: [www.drivesafe.org.uk](http://www.drivesafe.org.uk). [Accessed: 21-Jan-2015].
- [26] “Ingenie.” [Online]. Available: <https://www.ingenie.com>. [Accessed: 12-Jan-2015].
- [27] “AXA Drive.” [Online]. Available: <https://www.axa.pt/servicos/aplicacoes-mobile/axa-drive>. [Accessed: 23-Jan-2015].
- [28] “Drivewise.” [Online]. Available: <https://www.allstate.com/drive-wise.aspx>. [Accessed: 23-Mar-2015].
- [29] T. Cormen, C. Leiserson, R. Rivest, and C. Stein, *Introduction to algorithms*, 3rd ed. Cambridge, Massachusetts. London, England: The MIT Press, 2009.
- [30] “Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária.” [Online]. Available: <http://www.ansr.pt/Pages/default.aspx>.
- [31] P. Dorweiler, “Notes on Exposure and Premium Bases,” in *Proceedings of the Casualty Actuarial Society*, reprinted PCAS LVIII, 1929, p. 59.
- [32] “Android developers - Monkey.” [Online]. Available: <http://developer.android.com/tools/help/monkey.html>. [Accessed: 28-May-2015].
- [33] D. João, “Insurance Telematics,” Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 2015.
- [34] “Open Street Maps - Wiki.” [Online]. Available: <https://wiki.openstreetmap.org/>. [Accessed: 21-Jan-2015].
- [35] “Google Maps.” [Online]. Available: <https://maps.google.com/>. [Accessed: 23-Jan-2015].
- [36] “OSGeo.” [Online]. Available: <http://www.osgeo.org/>. [Accessed: 20-Jan-2015].



- [37] “Lubuntu.” [Online]. Available: <http://lubuntu.net/>. [Accessed: 16-Feb-2015].
- [38] “PostGis.” [Online]. Available: <http://postgis.net/>. [Accessed: 23-Jan-2015].
- [39] “Pgrouing.” [Online]. Available: <http://workshop.pgrouing.org>. [Accessed: 23-Jan-2015].
- [40] “Open Weather Maps - Códigos dos estados meteorológicos.” [Online]. Available: <http://openweathermap.org/weather-conditions>. [Accessed: 17-Jan-2015].
- [41] E. A. Division and I. A. Directorate, “Guidelines for Implementation of REST,” 2011.
- [42] Microsoft, “Windows Server 2008 Standard.” [Online]. Available: [www.microsoft.com](http://www.microsoft.com). [Accessed: 21-Dec-2014].
- [43] J. Gosling and A. Buckley, “The Java ® Language Specification Java SE 8 Edition,” 2015.
- [44] Zamzar, “Zamzar.” [Online]. Available: <http://www.zamzar.com/convert/pdf-to-txt/>. [Accessed: 15-Apr-2015].
- [45] “Mozilla Developer Network.” [Online]. Available: <https://developer.mozilla.org/>. [Accessed: 17-Feb-2015].
- [46] “Findbugs.” [Online]. Available: <http://findbugs.sourceforge.net/>. [Accessed: 13-Apr-2015].



# Anexos

## A – Plano de trabalho

