

Mestrado em Engenharia de Software  
Dissertação  
Relatório Final

# Gestão de Frotas e Monitorização de Veículos

Gestão do consumo de combustível em  
tempo real com notificação de eventos

Flávio Amilton Camba Tando  
factando@student.dei.uc.pt

Orientador:  
Prof. Dr. Carlos Lisboa Bento

02 de Setembro de 2015



**FCTUC** DEPARTAMENTO  
**DE ENGENHARIA INFORMÁTICA**  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA



**FCTUC DEPARTAMENTO  
DE ENGENHARIA INFORMÁTICA**  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

## Mestrado em Engenharia de Software

Relatório Final

Juri:

Prof. Dr. Pedro Manuel Abreu

Prof. Dr. Jorge da Costa Granjal



## Declaração de Autoria

Eu, Flávio Tando, declaro que esta tese intitulada ‘Gestão de Frotas e Monitorização de Veículos – Gestão do Consumo de Combustível em Tempo Real com Notificação de Eventos’ e o trabalho em si presente são de minha autoria. Confirmo que:

- Este trabalho é parte de um projeto pessoal;
- Este trabalho foi realizado no âmbito da minha dissertação de Mestrado em Engenharia de Software pela Universidade de Coimbra;
- Solicitei ao Professor Orientador do departamento a orientação no trabalho, ao qual foi aceite;
- Consultei trabalhos publicados por outros autores e as fontes são claramente atribuídas. A exceção destas citações, esta tese é inteiramente da minha autoria.

02 de Setembro de 2015

---



## Agradecimentos

Uma Tese de Mestrado só é realizável com muito trabalho, apoio intelectual, social e empresarial. Desta forma, quero agradecer a todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho:

- Aos meus Pais, Alves Tando e Ana Francisco, por todo o apoio;
- Ao meu Orientador, Prof. Dr. Carlos Bento, pela liberdade para que eu mostrasse proatividade, pelo apoio e diretrizes sempre que foi necessário.
- À Rita Passos pela ajuda na busca do melhor aspeto estético para o projeto, uma grande Designer confirmo.
- Aos motoristas da empresa Luís Simões – *LS* por toda a disponibilidade e colaboração.
- Aos gestores da empresa Luís Simões – *LS* de Taveiro, Carregado (Lisboa) e Figueira da Foz por toda disponibilidade para reuniões e apoio.

Coimbra, 02 de Setembro de 2015

Flávio Tando



## Resumo

A gestão do combustível é a atividade operacional de maior impacto no orçamento anual de uma grande frota de veículos, representa cerca de 30% nos custos gerais. Isto representa €240.000 gasto numa frota com despesas anuais de €800.000. O motorista é o fator que mais influencia o consumo com cerca de 12%. Uma redução de 5% no consumo, derivado do seu comportamento, equivale para a empresa a poupança de €12.000 anuais nos custos de combustível.

Trata-se de um problema que afeta as frotas dos mais variados setores como logística, táxis, *rent-a-car* e transportes de passageiros. Por sua vez, este custo é agravado pela frequente instabilidade do preço de crude praticado por países produtores e empresas petrolíferas. Assim, as frotas de veículos têm grandes dificuldades na gestão do seu orçamento.

Abordagens ao problema vão desde a reinvenção de componentes mecânicos; otimização de rotas; redução do peso adicional até ao uso de energias alternativas à análise do comportamento do motorista.

Esta Dissertação tem como principal objetivo estudar as causas associadas ao problema do consumo exagerado de combustível em frotas de veículos. Além disso, pretende-se desenvolver solução económica baseada em *smartphones*, com foco nas práticas de condução do motorista.

## Palavras-Chave

Frota de Veículos, Economia de Combustível, Comportamento do Motorista, Transportes Inteligentes.



## Abstract

Fuel management is the operational activity with higher expenses on the annual budget of a large fleet company, with 30%. Which represents €240.000 spent on a fleet with €800.000 annual expenses. The driver is the most influence factor on the fuel performance with 12%. A 5% decrease in consumes derived from the driving behavior corresponds to the corporation a saving on fuel costs around €12.000 per year.

This is a problem that affects fleet vehicles of several activities sectors from logistic, rent-a-car to passenger transportation and it get worse by the often unstable crude prices practiced by oil producers countries and corporations. Thus, fleet managers has great difficulties in managing the fuel budget.

Approaches to the problem goes from a reinvention of the vehicle and its mechanical components; route optimization; additional weight reduction (payload); use of alternative energy to driver behavior analysis.

The aim of this thesis is to study the causes related to the fuel performance in vehicle fleets and develop solutions based on *smartphones*, with focus on driver behaviors.

## Keywords

Fleet Vehicle, Driver Behavior, Fuel Performance Optimization, Machine Learning, Intelligent Transport Systems.

# Índice

Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas .....	xv
Lista de Acrónimos .....	xvi
Capítulo 1 Introdução.....	1
1.1. Motivação e objetivos .....	1
1.2. Organização da Tese .....	3
Capítulo 2 Estado da Arte.....	4
2.1. O problema da gestão de combustível .....	4
2.1.1. O motorista como fator principal.....	5
2.1.2. O veículo e a carga adicional .....	5
2.1.3. Condições das rotas e climatéricas .....	6
2.1.4. O efeito da variação dos preços .....	6
2.2. Análise ao comportamento do motorista e sistemas existentes.....	7
2.2.1. Aprendizagem da velocidade de condução ótima .....	7
2.2.2. Visualização e notificação da velocidade ótima.....	8
2.2.3. Plataforma UBI-Meter .....	10
2.2.4. Squarell – Driver Awareness Panel ( <i>DAP</i> ) .....	13
2.2.5. TomTom – Active Driver Feedback .....	13
2.2.6. Driver Feedback e Performance Manager Module.....	14
2.2.7. EcoSmart .....	14
2.2.8. Ford Bug Labs – OpenXC .....	15
Capítulo 3 Objetivos e Abordagem .....	16
3.1. Objetivos .....	16
3.2. Definição de requisitos.....	18
3.2.1. Definições gerais .....	18
3.2.2. Requisitos funcionais.....	19
3.2.3. Casos de uso .....	23
3.2.4. Restrições técnicas .....	29
3.2.5. Requisitos Não funcionais .....	31
3.3. Definição de arquitetura .....	33
3.3.1. Arquitetura do servidor.....	34
3.3.2. Arquitetura da aplicação móvel .....	35
3.3.3. Análise de tecnologias.....	36

3.3.4.    Condutores arquiteturais .....	39
Capítulo 4 Plano de Trabalho e Implicações .....	43
4.1.    Metodologia de desenvolvimento <i>Waterfall</i> .....	43
4.2.    Plano de trabalho .....	44
4.3.    Testes de aceitação e usabilidade .....	45
4.4.    Gestão de riscos .....	46
4.5.    Limiar de sucesso ( <i>ToS</i> ) .....	48
Capítulo 5 Desenvolvimento .....	49
5.1.    Recolha de dados e preparação .....	49
5.2.    Classificação do comportamento do condutor .....	50
5.2.1.    Caraterísticas para o modelo de classificação.....	50
5.2.2.    Regras de inferências e classificação.....	51
5.2.3.    Configuração da rota e carga adicional.....	52
5.2.4.    Extração de infrações de velocidade excessiva.....	53
5.2.5.    Extração de infrações de acelerações e travagens .....	54
5.3.    Resultados experimentais .....	55
5.3.1.    Avaliação de infrações praticadas.....	55
5.3.2.    Avaliação de redução do consumo .....	57
Capítulo 6 Conclusões .....	58
6.1.    Considerações finais.....	58
6.2.    Trabalho futuro .....	58
Referências.....	59
Apêndice.....	61
A – Protótipos de interface.....	61
Aplicação móvel.....	61
Plataforma de administração.....	64
B – Resultado das entrevistas.....	67
C – Solicitação de mudanças.....	69
D – Formação dos motoristas .....	70
Tutorial para recolha de dados.....	70
Declaração #1 de receção dos <i>smartphones</i> .....	71
Declaração #2 de receção dos <i>smartphones</i> .....	72
E – Atas das reuniões .....	73
Gestores no Carregado (Lisboa) .....	73
Gestora e colaboradora em Taveiro.....	74
Ambiente de operações na Figueira da Foz.....	76

F – Relatórios 5/15 .....	80
G – Bateria de testes de aceitação .....	91
Aplicação móvel – Requisitos Funcionais .....	91
Aplicação móvel – Casos de uso .....	93
Servidor – Requisitos Funcionais .....	94
Servidor – Requisitos Não funcionais .....	94
Plataforma de Administração – Casos de uso .....	95
H – Testes de usabilidade .....	96
I – Plano de trabalho .....	99
Plano 1º Semestre .....	99
Plano 2º Semestre .....	100
J – Janelas de abastecimento de combustível .....	101



# Lista de Figuras

Figura 1. Custos operacionais anuais numa frota de veículos (UK Department of Transportation. 2006. Freight Best Practice (White Paper). [ONLINE] Available at: <a href="http://www.freightbestpractice.org.uk/">http://www.freightbestpractice.org.uk/</a> ) .....	4
Figura 2. Distribuição da energia do motor no consumo de combustível (William Frith. 2012. Standard Metrics for Transport and Driver Safety and Fuel Economy (White Paper). [ONLINE] Available at: <a href="http://www.aa.co.nz/assets/about/Research-Foundation/Ecodrive/Opus-AA-ecodriving-Final-Report.pdf">http://www.aa.co.nz/assets/about/Research-Foundation/Ecodrive/Opus-AA-ecodriving-Final-Report.pdf</a> .) .....	5
Figura 3. Sazonalidade numa grande frota (UK Department of Transportation. 2006. Freight Best Practice (White Paper). [ONLINE] Available at: <a href="http://www.freightbestpractice.org.uk/">http://www.freightbestpractice.org.uk/</a> .) .....	6
Figura 4. Média anual dos preços de combustíveis em Portugal continental (www.maisgasolina.com/. 2014. Estatísticas dos Combustíveis - Mais Gasolina. [ONLINE] Available at: <a href="https://www.maisgasolina.com/estatisticas-dos-combustiveis">https://www.maisgasolina.com/estatisticas-dos-combustiveis</a> .) .....	6
Figura 5. Aprendizagem da velocidade ótima (Ondrej, Linda, (2012). Improving Vehicle Fleet Fuel Economy via Learning Fuel-Efficient Driving Behaviors. In <i>Human System Interactions (HSI), 2012 5th International Conference</i> . Perth, WA, 6-8 June 2012) .....	7
Figura 6. Velocidade de condução ótima calculada (Ondrej, Linda, (2012). Improving Vehicle Fleet Fuel Economy via Learning Fuel-Efficient Driving Behaviors. In <i>Human System Interactions (HSI), 2012 5th International Conference</i> . Perth, WA, 6-8 June 2012).....	8
Figura 7. Dispositivos de baixo custo para notificação da velocidade ótima (Ondrej, Linda, (2012). Improving Vehicle Fleet Fuel Economy via Learning Fuel-Efficient Driving Behaviors. In <i>Human System Interactions (HSI), 2012 5th International Conference</i> . Perth, WA, 6-8 June 2012) .....	8
Figura 8. Colocação do visualizador de notificação (Ondrej, Linda, (2012). Improving Vehicle Fleet Fuel Economy via Learning Fuel-Efficient Driving Behaviors. In <i>Human System Interactions (HSI), 2012 5th International Conference</i> . Perth, WA, 6-8 June 2012).....	9
Figura 9. Tipos de visualizações para a velocidade ótima recomendada (Ondrej, Linda, (2012). Improving Vehicle Fleet Fuel Economy via Learning Fuel-Efficient Driving Behaviors. In <i>Human System Interactions (HSI), 2012 5th International Conference</i> . Perth, WA, 6-8 June 2012) .....	9
Figura 10. <i>Smartphone</i> para análise do comportamento do motorista (Castignani, German, (2013). Driver behavior profiling using smartphones. In <i>Intelligent Transportation Systems - (ITSC), 2013 16th International IEEE Conference</i> . The Hague, 6-9 Oct. 2013. International IEEE).....	10
Figura 11. Pontuação da inferência para os diferentes motoristas (Castignani, German, (2013). Driver behavior profiling using smartphones. In <i>Intelligent Transportation Systems - (ITSC), 2013 16th International IEEE Conference</i> . The Hague, 6-9 Oct. 2013. International IEEE).....	12
Figura 12. <i>Driver awareness panel – DAP</i> ( <a href="http://europe.squarell.com/">http://europe.squarell.com/</a> . 2013. Driver Awareness Panel   Squarell. [ONLINE] Available at: <a href="http://europe.squarell.com/en/Products/Products/product/81/">http://europe.squarell.com/en/Products/Products/product/81/</a> ) .....	13
Figura 13. Active driver feedback ( <a href="http://business.tomtom.com/">http://business.tomtom.com/</a> . 2014. Improved Driver Behavior - TomTom Telematics GB. [ONLINE] Available at: <a href="http://business.tomtom.com/en_gb/fleet-management/improved-driver-behavior/">http://business.tomtom.com/en_gb/fleet-management/improved-driver-behavior/</a> ) .....	13
Figura 14. Driver Feedback (a) e Performance Manager (b) Module ( <a href="http://microlise.com/">http://microlise.com/</a> . 2010. Feedback Module to now make it even easier for you to monitor and improve driving behaviour and performance. [ONLINE] Available at: <a href="http://microlise.com/microlise-introduce-their-new-driver-feedback-module-to-now-make-it-even-easier-for-you-to-monitor-and-improve-driving-behaviour-and-performance/">http://microlise.com/microlise-introduce-their-new-driver-feedback-module-to-now-make-it-even-easier-for-you-to-monitor-and-improve-driving-behaviour-and-performance/</a> ) .....	14
Figura 15. Ecosmart ( <a href="http://technosmart.fi/">http://technosmart.fi/</a> . 2013. Intelligent vehicle devices. [ONLINE] Available at: <a href="http://technosmart.fi/en/intelligent-vehicle-devices/">http://technosmart.fi/en/intelligent-vehicle-devices/</a> ).....	14

Figura 16. Plataforma de código livre OpenXC ( <a href="http://openxcplatform.com/">http://openxcplatform.com/</a> . 2014. The OpenXC Platform. [ONLINE] Available at: <a href="http://openxcplatform.com/">http://openxcplatform.com/</a> ).....	15
Figura 17. Diagrama de casos de uso - Aplicação móvel .....	23
Figura 18. Diagrama de casos de uso - Aplicação administrador .....	27
Figura 19. Arquitetura global e escalável do sistema.....	33
Figura 20. Modelo <i>MVC</i> do servidor <i>web</i> .....	34
Figura 21. Diagrama de entidade e relacionamento ( <i>ER</i> ) da aplicação móvel .....	35
Figura 22. Arquitetura e análise de tecnologias.....	36
Figura 23. Mapa de produtividade por área de engenharia.....	44
Figura 24. Mapa do percurso entre o Cais da Figueira da Foz e a Celbi.....	49
Figura 25. Algoritmo (a) e cenários (b), (c) e (d) para verificação de velocidade excessiva.....	53
Figura 26. Número de infrações praticados por tipo de infração .....	55
Figura 27. Quantidade de classificações por tipo de classificação .....	55
Figura 28. Número de infrações com o veículo carregado vs sem carga .....	56
Figura 29. Número de viagens entre janelas de abastecimento de combustível.....	57
Figura 30. Página de autenticação da aplicação móvel .....	61
Figura 31. Página principal (a) e (b) da aplicação móvel com classificações e infrações.....	62
Figura 32. Página de configuração da aplicação móvel .....	63
Figura 33. Página de autenticação e acesso à plataforma de administração .....	64
Figura 34. Página de administração de contas dos motoristas.....	64
Figura 35. Página de edição de conta do motorista.....	65
Figura 36. Página de criação de conta de motorista .....	65
Figura 37. Página de remoção de uma conta de motorista.....	66
Figura 38. Plataforma de recolha de dados <i>SMC</i> (Future Cities Project.EU. 2015. Porto Living Lab - an ecosystem for the future. [ONLINE] Available at: <a href="http://futurecities.up.pt/site/">http://futurecities.up.pt/site/</a> . [Accessed 25 February 15].).....	70

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Organização da Dissertação.....	3
Tabela 2. Características para inferência do comportamento do motorista.....	11
Tabela 3. Regras de inferência para classificação do comportamento do motorista .....	12
Tabela 4. Comparação de soluções da análise ao comportamento do motorista .....	17
Tabela 5. Descrição dos tipos de prioridades dos requisitos .....	18
Tabela 6. Descrição dos tipos de requisitos.....	18
Tabela 7. Definição de fluxos de dados para infrações e classificação.....	34
Tabela 8. Lista de riscos identificados .....	47
Tabela 9. Características para o motor de classificação.....	50
Tabela 10. Regras de inferência para o motor de classificação .....	51
Tabela 11. Infrações praticadas considerando subidas e descidas .....	56
Tabela 12. Solicitação de mudanças para os requisitos .....	69
Tabela 13. Resultado dos testes de usabilidade.....	96
Tabela 14. Formulário de avaliação de usabilidade para a aplicação móvel .....	97



## Lista de Acrónimos

RoI	Retorno do Investimento
GPS	Sistema de Posicionamento Global
DAP	Driver Awareness Panel
ADF	Active Driver Feedback
CAN	Control Area Network
CAN BUS	Control Area Network BUS
OBD-II	On Board Diagnostic-II
MPG	Milhas por Galão
MPH	Milhas por Hora
KMH	Quilómetros por Hora
RPM	Rotações por minuto
FLC	Controlo de Lógica Difusa
IDS	Intelligent Driver System
ToS	Limiar de Sucesso
XD	Extreme Data

*Dedico esta Dissertação*

A DEUS,

aos meus pais Alves Tando e Ana Francisco,  
aos meus irmãos Adélia, Dário, Celso e Iliana Camba Tando.

À Rita Passos, Ana e Lorena Campos,  
ao grande Gomito, um grande amigo de vida.

Flávio Tando



# Capítulo 1

## Introdução

Uma frota de veículos representa para uma sociedade a mobilidade urbana que tem impacto direto na qualidade de vida dos seus cidadãos. No entanto, um veículo consome diariamente grandes quantidades de combustível e as frotas de veículos têm imensas dificuldades em gerir o seu orçamento.

A gestão do combustível é a atividades de negócio com maior impacto no orçamento geral de uma de frota de veículos [1]. Um problema que é agravado pela frequente instabilidade do preço de crude praticado por países produtores e empresas petrolíferas.

Diversas abordagens têm sido desenvolvidas e vão desde a reinvenção do veículo e componentes mecânicos; otimização de rotas; redução do peso adicional até ao uso de energias alternativas à análise do comportamento do motorista.

### 1.1. Motivação e objetivos

O tema do projeto “Gestão de Frotas e Monitorização de Veículos – Gestão do Consumo de Combustível em Tempo Real com Notificação de Eventos” surge da importância dos transportes na sociedade. Porque a sustentabilidade energética é um problema que afeta toda a sociedade e a redução do consumo de combustível representa este desafio.

A visão do projeto é a melhoria das práticas de condução do motorista, para que este possa reduzir o consumo. Tem como objetivo estudar os problemas inerentes ao consumo de combustível existente em frotas de veículos, as principais causas; as soluções existentes no mercado e desenvolver solução económica baseada em *smartphones*.

Trata-se de uma proposta promissora, interessante e de grande necessidade, na opinião de gestores de frotas como: Serviços Municipalizados de Transportes Urbanos de Coimbra (*SMTUC*) e a Luís Simões, maior frota de veículos em Portugal (Anexo B – Resultado das entrevistas).

## **A empresa e contribuição**

Diversas empresas como os *SMTUC* mostraram interesse no projeto, mas foi a Luís Simões que o abraçou para realização do estágio.

A Luís Simões, que é a maior frota de veículos de logística em Portugal, possui uma frota com mais de 1000 veículos e opera tanto a nível nacional como ibérico. Recebeu o prémio de inovação tecnológica no âmbito dos Prémios de Logística & Transportes Hoje, com o projeto T4T – Trucks for Terminals. O T4T consiste na disponibilização de veículos pesados designados por gigaliners, de 25,25 metros de comprimento e capacidade de 60 toneladas de peso bruto, com capacidade superior aos convencionais [19].

No âmbito do estágio tive a oportunidade de trabalhar na Celbi, fábrica de produção de pasta virgem de eucalipto para as papeleiras europeias. Uma grande fábrica pertencente ao grupo Altri situada no município da Figueira da Foz. As operações de transportes neste terminal que é parte do projeto T4T funcionam num percurso de 16 Km, que vai desde a Celbi onde é feito o carregamento até ao cais comercial da Figueira de foz para a descarga.

Houve total disponibilidade para reuniões e apoio por parte dos gestores de frotas da empresa Luís Simões em Lisboa (Carregado), Taveiro e Figueira da Foz. Tive ainda a possibilidade de realizar diversas viagens e reuniões com os motoristas, o que permitiu tirar ilações úteis sobre o funcionamento da atividade e ambiente de operações.

## **Oportunidades e futuro**

Além das reuniões com gestores de frotas como a Luís Simões e *SMTUC*, tive reunião e apresentação do projeto ao gestor de projetos do Laboratório de Informática e Sistemas (LIS) do Instituto Pedro Nunes (IPN). Nesta reunião consideramos possível candidatura ao programa Portugal2020.

Tendo em conta a dimensão do projeto e o tempo para realização deste no âmbito do estágio dividiu-se o trabalho em duas fases. A primeira, consiste na implementação de uma abordagem de correção do comportamento do condutor e, na 2ª fase, pretende-se avançar com a abordagem de recomendação de práticas de condução ótimas para o consumo.

Contudo, a proposta incide sobre os transportes de passageiros, logística, público – privado, de categoria pesado ou ligeiro. Esta é independente da atividade de negócio e serve tanto para os transportes urbanos, suburbanos e extraurbanos.

O estado da arte, presente no 2º capítulo deste documento, apresenta o conjunto de soluções existentes no mercado e que serviram de base para inovação face ao que já existe.

## 1.2. Organização da Tese

Para melhor organização do documento, este encontra-se estruturado de acordo com a Tabela 1.

<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>Introdução</b> Motivação e objetivos gerais da Dissertação.
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>Estado da Arte</b> Apresentação do problema, principais causas associadas ao problema e abordagens existentes.
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>Objetivos e Abordagem</b> Visão da proposta, definição de requisitos e casos de uso. Arquitetura do sistema, análise de tecnologias e condutores arquiteturais.
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>Plano de Trabalho e Implicações</b> Metodologias de desenvolvimento, diagrama de <i>Gantt</i> com plano de trabalho do 1º e 2º semestre. Gestão de riscos e plano de mitigação, bem como o limiar de sucesso.
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>Desenvolvimento</b> Desenvolvimento da solução, pressupostos e decisões de abordagens. Apresentação dos resultados experimentais.
<b>CAPÍTULO 6</b>	<b>Conclusões</b> Considerações finais da Dissertação e trabalho futuro.
	<b>Referências</b>
	<b>Apêndices</b> Interfaces com o utilizador, modelos de formulários, resultado das entrevistas, solicitações de mudanças, formação dos condutores e declaração de receção de equipamentos, atas das reuniões, relatórios 5/15, bateria de testes e plano de trabalho.

**Tabela 1.** Organização da Dissertação

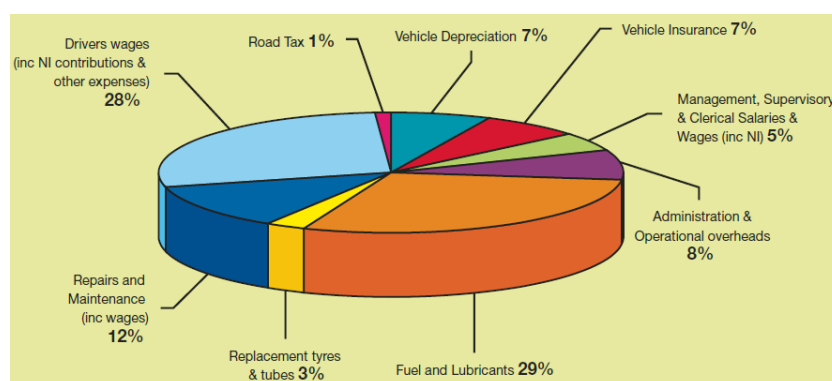
## Capítulo 2 Estado da Arte

Neste capítulo é feita investigação ao problema da gestão do consumo de combustível em frotas de veículos, seguida de apresentação das principais abordagens existentes.

O orçamento geral de uma frota de veículos está fortemente dependente de fatores externos como variações do preço do barril de crude praticado por países produtores e empresas petrolíferas [1]. Algumas das opções hoje são os biocombustíveis, biodiesel, gás liquefeito (*GPL*), componentes aditivos como o chumbo (gasolina 95 e 98), assim como os veículos elétricos movidos a bateria [1].

### 2.1. O problema da gestão de combustível

Segundo estudo realizado pelo departamento de transporte do Reino Unido juntamente com a Universidade de Huddersfield, a gestão do combustível é a atividade de negócio de maior custo no orçamento geral de uma frota de veículos com cerca de 30% [1][2]. Comparado com outras atividades operacionais como o orçamento dos funcionários ou reparações e manutenção, a redução do consumo é o alvo principal no caminho para a economia do combustível como ilustra a Figura 1.



**Figura 1.** Custos operacionais anuais numa frota de veículos  
(UK DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2006. FREIGHT BEST PRACTICE (WHITE PAPER). [ONLINE] AVAILABLE AT: [HTTP://WWW.FREIGHTBESTPRACTICE.ORG.UK/](http://www.freightbestpractice.org.uk/))

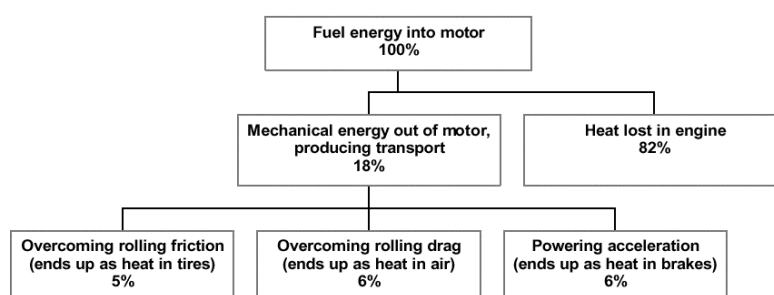
Para uma frota de veículos cuja despesa total anual situa-se na ordem dos €800.000, são gastos €240.000 na gestão de combustível correspondente aos 30%. Assumindo que o rendimento anual desta empresa ronda a volta dos 5% (€40.000), a redução de 5% no consumo praticado implica a poupança de €12.000 nos custos de combustível. Desta forma, consegue-se reduzir os custos de gestão do combustível e incrementar o retorno do investimento (*RoI*) em cerca de 30% para €52.000.

### 2.1.1. O motorista como fator principal

O fator mais influente no consumo de combustível são os funcionários e o motorista possui maior influência com cerca de 12% [1][3][4]. Sobre este está associado o consumo de combustível em estado *Idle*, em que o veículo se encontra parado com o motor ligado a desperdiçar combustível [1][3].

Cada condutor possui habilidades próprias de condução que difere dos outros condutores. Alguns com maior habilidade em condições de terreno plano, outros em terrenos montanhosos e condições climáticas adversas. As práticas de condução como velocidade e aceleração fora dos limites normais têm consequência direta no aumento do consumo.

Os condutores apenas podem reduzir a energia mecânica que sai do motor, o que inclui a energia necessária para ultrapassar a resistência de rodagem e a aceleração necessária para produzir potência, com 6% cada como indica a Figura 2. A energia necessária para ultrapassar a fricção depende da qualidade e tipo de pneus usados [1][3].



**Figura 2.** Distribuição da energia do motor no consumo de combustível

(WILLIAM FRITH. 2012. STANDARD METRICS FOR TRANSPORT AND DRIVER SAFETY AND FUEL ECONOMY (WHITE PAPER). [ONLINE] AVAILABLE AT: [HTTP://WWW.AA.CO.NZ/ASSETS/ABOUT/RESEARCH-FOUNDATION/ECODRIVE/OPUS-AA-ECODRIVING-FINAL-REPORT.PDF.](http://www.aa.co.nz/assets/about/research-foundation/ecodrive/opus-aa-ecodriving-final-report.pdf))

É necessário a criação de um programa que tenha como foco o treinamento, motivação e participação dos funcionários no programa de gestão de combustível. De forma a compreender e influenciar as suas atividades diárias e reduzir o consumo.

### 2.1.2. O veículo e a carga adicional

A seguir ao motorista na relação de causas que mais contribuem para o aumento significativo do consumo de combustível está o veículo [1][3]. A especificação do veículo; idade, marca, modelo, condições do motor e detalhes operacionais influenciam no consumo [1].

A carga adicional carregada dificulta a sua locomoção e importa do motor maior potência que leva a um maior consumo [1][3]. O peso total é um fator crítico e que varia frequentemente nos sectores de logística.

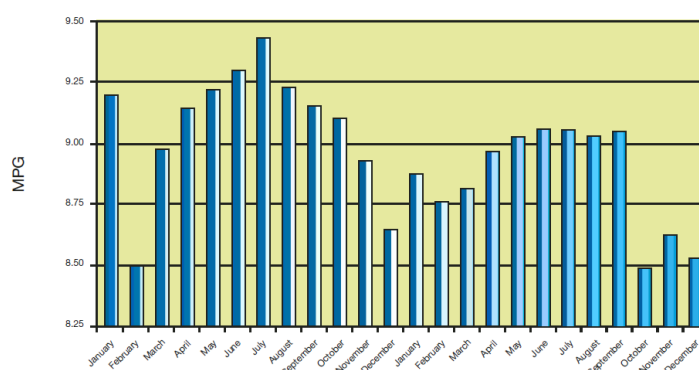


### 2.1.3. Condições das rotas e climatéricas

A qualidade das estradas e as condições de tráfego têm influência significativa no consumo. As rotas lentas feitas através de terrenos montanhosos são prejudiciais [1][3]. Regra geral, o número de vezes que um condutor tem de trocar de mudança, parar ou acelerar, tende a ser pior para o consumo. O que ocorre com frequência em meio urbano, onde existem inúmeras paragens e arranques prejudicando a dinâmica do veículo [1].

As variações de congestionamento do tráfego perceptível entre as operações de dia ou noite podem criar diferentes resultados de desempenho, mesmo num percurso conhecido [1].

A sazonalidade afeta o desempenho com os melhores valores de consumo no verão e piores no inverno, quando muito 10% mais pobres como ilustra a Figura 3 [1][3]. Nestas épocas é comum o uso de equipamentos auxiliares como ar-condicionado, o que leva os motoristas a deixar o veículo em estado *Idle* para o seu aquecimento.

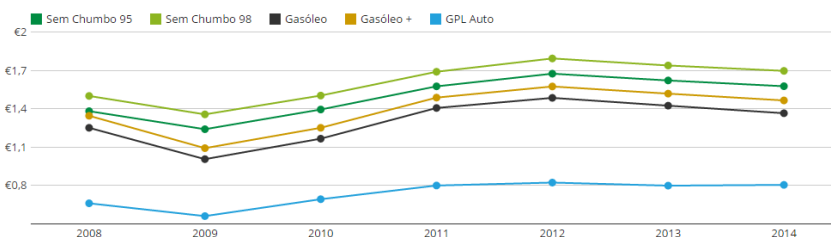


**Figura 3.** Sazonalidade numa grande frota  
(UK DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2006. FREIGHT BEST PRACTICE (WHITE PAPER). [ONLINE] AVAILABLE AT: [HTTP://WWW.FREIGHTBESTPRACTICE.ORG.UK/.](http://www.freightbestpractice.org.uk/))

No combustível diesel, quando há uma mudança de 'grau de verão' para 'grau de inverno' pode ocorrer uma contribuição para a diferença no consumo na ordem dos 3%, por causa da diferença na densidade entre os combustíveis de inverno e verão [1].

### 2.1.4. O efeito da variação dos preços

As frequentes variações do preço do barril de crude tem impacto significativo no orçamento anual de uma frota de veículos. A Figura 4 ilustra a variação dos preços de combustíveis como a gasolina e gasóleo com e sem aditivos, em Portugal continental [8].



**Figura 4.** Média anual dos preços de combustíveis em Portugal continental  
([WWW.MAISGASOLINA.COM/](http://www.maisgasolina.com/). 2014. ESTATÍSTICAS DOS COMBUSTÍVEIS - MAIS GASOLINA. [ONLINE] AVAILABLE AT: [HTTPS://WWW.MAISGASOLINA.COM/ESTATISTICAS-DOS-COMBUSTIVEIS.](https://www.maisgasolina.com/estatisticas-dos-combustiveis))

## 2.2. Análise ao comportamento do motorista e sistemas existentes

Numa frota de veículos 30% das despesas totais anuais são canalizados para a gestão de combustível [1] e o motorista é o fator mais influente, com 12% [3][4]. Desta forma, a redução no consumo deve considerar as suas práticas de condução.

Algumas das principais abordagens ao problema focam:

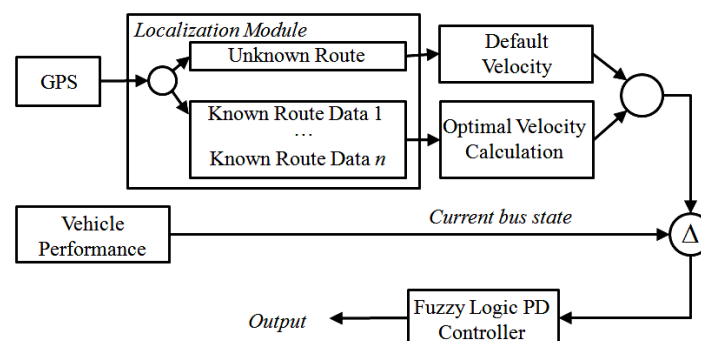
- A reinvenção de componentes mecânicos e redução do peso do veículo [6];
- Otimização de rotas, o melhor caminho que produz o menor impacto na distância, tempo ou consumo de combustível [1];
- A introdução de um programa interno de gestão de combustível que tenha como foco a cultura da economia do combustível por parte dos funcionários [1];
- Escolha dos veículos com base nos critérios de especificação técnica do motor na sua aquisição, tendo em conta fatores como a marca e modelo do veículo [1];
- Energias alternativas que vão desde o biodiesel, etanol, GPL, gasolina com ou sem aditivos (chumbo) assim como uso de baterias elétricas [1];

Quando comparado com as abordagens supracitadas, a análise do comportamento do motorista combinada com fatores externos como condições climatéricas, sazonalidade, rotas e trânsito consegue-se obter ganhos significativos acima dos 12% [3][4]. Esta análise deve ser feita através de dispositivos telemáticos que permitem a recolha automática dos dados.

### 2.2.1. Aprendizagem da velocidade de condução ótima

O *Intelligent Driver System (IDS)* aprende as práticas de condução que levam ao consumo de combustível mais eficiente, num determinado instante e localização. Serve no entanto para veículos cuja atividade de negócio é feita em rotas fixas, de poucas variações [5][6].

Tem em conta os dados da performance do motor obtido a partir dos sensores do veículo como a taxa de consumo de combustível, a velocidade do veículo (Km/h) e do motor (RPM). Combina estes dados com informações de geolocalização como latitude e longitude para calcular e aprender a velocidade ótima [5] como ilustra a Figura 5.

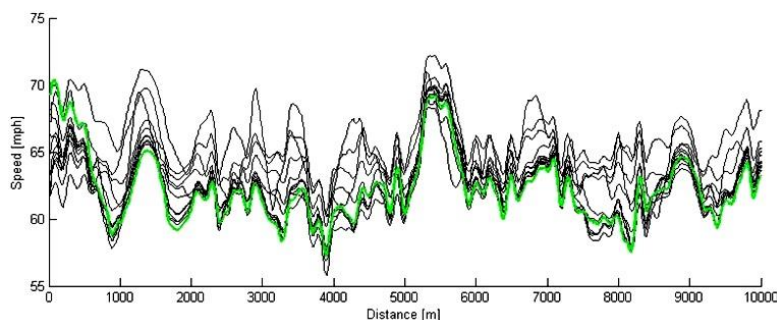


**Figura 5.** Aprendizagem da velocidade ótima

(ONDREJ, LINDA, (2012). IMPROVING VEHICLE FLEET FUEL ECONOMY VIA LEARNING FUEL-EFFICIENT DRIVING BEHAVIORS. IN HUMAN SYSTEM INTERACTIONS (HSI), 2012 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE. PERTH, WA, 6-8 JUNE 2012)

Se a rota não é conhecida então é sugerida a velocidade corrente do veículo. Caso contrário é calculada a velocidade ótima [5][6]. Para tal é usado o algoritmo *Fuzzy Logic Control* (Mandani FLC), que permite codificar a linguagem humana na forma linguística de regras difusas (SE/ENTÃO), com base num conjunto de entradas para produzir um resultado. Permite ainda lidar com ambiguidades e incertezas em expressões linguísticas [5].

A Figura 6 ilustra a velocidade ótima calculada a partir de um conjunto de corridas feitas por diferentes motoristas em rota fixa.

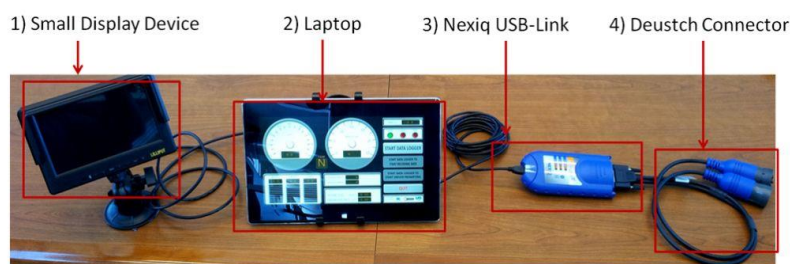


**Figura 6.** Velocidade de condução ótima calculada

(ONDREJ, LINDA, (2012). IMPROVING VEHICLE FLEET FUEL ECONOMY VIA LEARNING FUEL-EFFICIENT DRIVING BEHAVIORS. IN *HUMAN SYSTEM INTERACTIONS (HSI)*, 2012 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE. PERTH, WA, 6-8 JUNE 2012)

### 2.2.2. Visualização e notificação da velocidade ótima

Deve ser informado ao motorista a velocidade instantânea que está a praticar, assim como a velocidade ótima sugerida que este deverá seguir [5][6]. Esta abordagem propõe formas de visualização que combina um conjunto de dispositivo de baixo custo comercial [6][7] como ilustra a Figura 7.

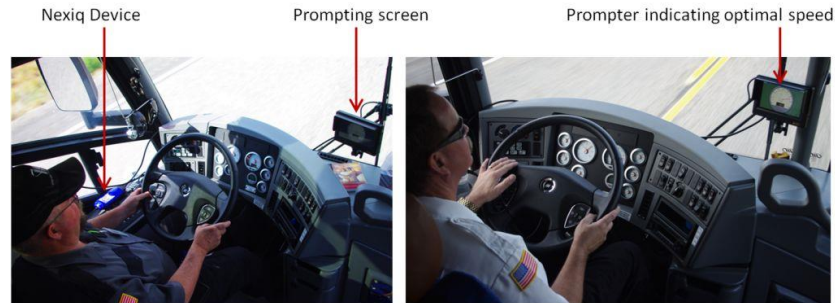


**Figura 7.** Dispositivos de baixo custo para notificação da velocidade ótima

(ONDREJ, LINDA, (2012). IMPROVING VEHICLE FLEET FUEL ECONOMY VIA LEARNING FUEL-EFFICIENT DRIVING BEHAVIORS. IN *HUMAN SYSTEM INTERACTIONS (HSI)*, 2012 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE. PERTH, WA, 6-8 JUNE 2012)

A Figura 7 apresenta o conjunto de dispositivos como *GPS*, ecrã para visualização da velocidade ótima e um *smartphone* para comunicação com o dispositivo telemétrico, que recolhe os dados do veículo.

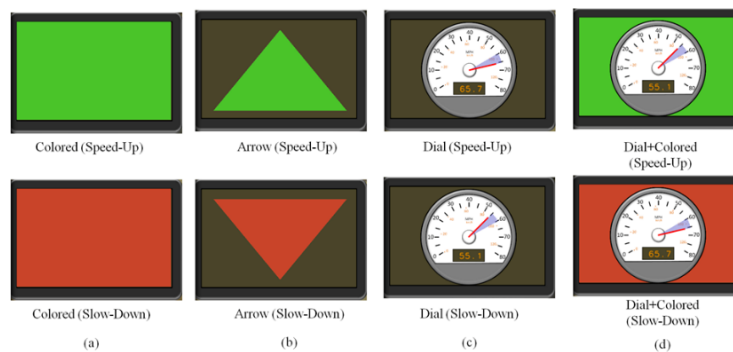
Diversas formas de visualização foram testadas e concluiu-se que a melhor visualização é aquela que tem menor impacto na distração do motorista. Por uma questão de segurança rodoviária esta deve ser intuitiva em termos visuais, posicionada a frente e no horizonte do motorista [5] como ilustra a Figura 8.



**Figura 8.** Colocação do visualizador de notificação

(ONDREJ, LINDA, (2012). IMPROVING VEHICLE FLEET FUEL ECONOMY VIA LEARNING FUEL-EFFICIENT DRIVING BEHAVIORS. IN *HUMAN SYSTEM INTERACTIONS (HSI)*, 2012 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE. PERTH, WA, 6-8 JUNE 2012)

Além da boa disposição do dispositivo de notificação é necessário que a visualização em si siga alguns princípios de cognição. O *IDS* considera a escolha das cores apropriadas como o verde e vermelho para sinalizar o motorista de que deverá aumentar a velocidade ou abrandar. Isto para manter-se o mais próximo da velocidade ótima recomendada. Nos testes de cognição realizados verificou-se que a interface usada na Figura 9 (d) teve menor impacto na distração do motorista [5].

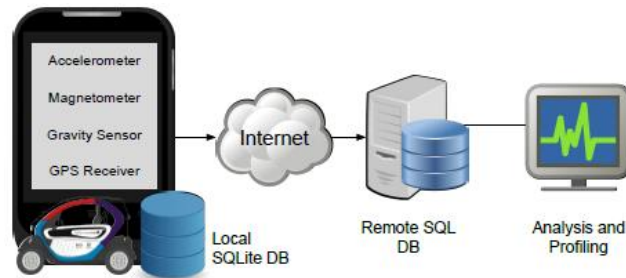


**Figura 9.** Tipos de visualizações para a velocidade ótima recomendada

(ONDREJ, LINDA, (2012). IMPROVING VEHICLE FLEET FUEL ECONOMY VIA LEARNING FUEL-EFFICIENT DRIVING BEHAVIORS. IN *HUMAN SYSTEM INTERACTIONS (HSI)*, 2012 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE. PERTH, WA, 6-8 JUNE 2012)

### 2.2.3. Plataforma UBI-Meter

O UBI-Meter faz parte de um estudo realizado na busca de uma solução capaz de analisar o comportamento do motorista para redução na emissão de  $CO_2$ , uso em seguradoras e redução no consumo de combustível [7]. A aplicação *Android* infere sobre o comportamento do condutor em termos da sua agressividade (Normal, Moderado e Agressivo) usando *smartphones* (Figura 10).



**Figura 10.** *Smartphone* para análise do comportamento do motorista

(CASTIGNANI, GERMAN, (2013). DRIVER BEHAVIOR PROFILING USING SMARTPHONES. IN *INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS - (ITSC), 2013 16TH INTERNATIONAL IEEE CONFERENCE. THE HAGUE, 6-9 OCT. 2013. INTERNATIONAL IEEE*)

Esta abordagem revela-se bastante económica, pois permite combinar um conjunto de capacidades num só dispositivo como: *GPS* interno e *GPS* assistido (*A-GPS*); comunicação dedicada, com múltiplas interfaces; possibilidades de comunicação wireless como *GPRS/GSM*, *3G/4G*; baixo custo de instalação; fácil manutenção e crescimento contínuo de sensores nos *smartphones*.

Através do *smartphone* é possível monitorizar a aceleração e a velocidade com que circula o veículo; conhecer possíveis distrações do motorista usando o microfone ou a câmara; a proximidade com que circula o veículo que o antecede, bem como condições ambientais através de sensores como o barómetro e termómetro [7].

## A. Dados de entrada e características de inferência

Para inferência do comportamento do motorista a abordagem considera as características definidas Tabela 2.

Caraterística	Variável	Descrição
Velocidade excessiva	$OS_T$	Tempo relativo que incorre em excesso de velocidade
	$OS_A$	Tempo médio que incorre em excesso de velocidade
	$OS_P$	Tempo máximo que incorre em excesso de velocidade
Sensor de aceleração (Acelerómetro)	$SA_M$	Número moderado de eventos de aceleração por Km
	$SA_A$	Número agressivo de eventos de aceleração por Km
Taxa de direção para o destino <i>GPS</i>	$BR_M$	Taxa moderada de eventos de direção para o destino por Km
	$BR_A$	Taxa agressiva de eventos de direção para o destino por Km
	$BR_P$	Taxa máxima de eventos de direção para o destino por Km
Aceleração <i>GPS</i>	$GA_P$	Aceleração máxima positiva
	$GA_N$	Aceleração máxima negativa
	$GA_M$	Número de eventos moderado por Km (valor absoluto da aceleração <i>GPS</i> maior $1m/s^2$ )
	$GA_A$	Número de eventos agressivo por Km (valor absoluto da aceleração <i>GPS</i> maior $2.5m/s^2$ )

**Tabela 2.** Caraterísticas para inferência do comportamento do motorista

- A velocidade excessiva é calculada com base num limiar fixo de velocidade (ex. velocidade acima de  $120 \text{ Km/h}$  em autoestrada) e não no limite de velocidade real em cada localização [7].  
O evento  $SA_M$  é disparado para  $|a| > 1.5 \text{ m/s}^2$ , enquanto que  $SA_A$  ocorre quando  $|a| > 3 \text{ m/s}^2$  [7].
- A taxa de direção para o destino (*bearing-rate*) é calculada através do rácio entre a variação de direção para o destino (*bearing*) do *GPS* e o tempo ocorrido entre duas atualizações de localizações consecutivas. Os eventos de direção moderado são aqueles onde o *bearing rate* é maior que  $10^\circ/\text{s}$  e os eventos agressivos implicam um *bearing rate* maior que  $40^\circ/\text{s}$  [7].

Cada motorista possui as suas próprias técnicas e aptidões de condução que varia consoante o meio (urbano, suburbano ou extraurbano). A identificação dos meios é feita através dos limites de velocidade no rastro de localização recolhido:  $V \leq 50 \text{ Km/h} \rightarrow$  Urbano,  $V \in [50,90] \text{ Km/h} \rightarrow$  Suburbano e  $V > 90 \text{ Km/h} \rightarrow$  Extraurbano [7].

## B. Regras de inferência

No.	IF	THEN
1	$OS_T = L$ AND $OS_A = L$ AND $OS_P = L$	NOR
2	$OS_T = M$ AND $OS_A = M$ AND $OS_P = M$	MOD
3	$OS_T = H$ AND $OS_A = H$ AND $OS_P = H$	AGG
4	$(SA_M = L$ OR $SA_M = M)$ AND $SA_A = L$	NOR
5	$(SA_M = M$ OR $SA_M = H)$ AND $SA_A = L$	MOD
6	$(SA_A = M$ OR $SA_A = H)$ AND $SA_M = H$	AGG
7	$(GA_M = L$ OR $GA_M = M)$ AND $GA_A = L$	NOR
8	$(GA_M = M$ OR $GA_M = H)$ AND $GA_A = L$	MOD
9	$(GA_A = M$ OR $GA_A = H)$ AND $GA_M = H$	AGG
10	$GA_P = L$ AND $GAN = L$	NOR
11	$GA_P = M$ AND $GAN = M$	MOD
12	$GA_P = H$ AND $GAN = H$	AGG
13	$(BR_M = L$ OR $BR_M = M)$ AND $BR_A = L$	NOR
14	$(BR_M = M$ OR $BR_M = H)$ AND $BR_A = L$	MOD
15	$(BR_A = M$ OR $BR_A = H)$ AND $BR_M = H$	AGG
16	$BR_P = L$	NOR
17	$BR_P = M$	MOD
18	$BR_P = H$	AGG

**Tabela 3.** Regras de inferência para classificação do comportamento do motorista

## C. Sistema de inferência difuso

### 1) Fuzificação da entrada

É considerado para cada variável de entrada três indicações linguísticas como baixo (L), Médio (M) e Elevado (H).

### 2) Regras de avaliação

São considerados três saídas difusa diferentes para a pontuação entre 0 e 100: Normal (NOR), Moderado (MOD) e Agressivo (AGG).

### 3) Defuzificação e classificação

Após avaliação das diferentes regras e calcular a curva de saída é usado o método centróide para obter a pontuação entre 0 e 100.

A centróide calcula o centro de gravidade da curva difusa obtida a saída. A pontuação é depois usada para classificar os diferentes motoristas sendo 0 (Melhor) e 100 (Pior).

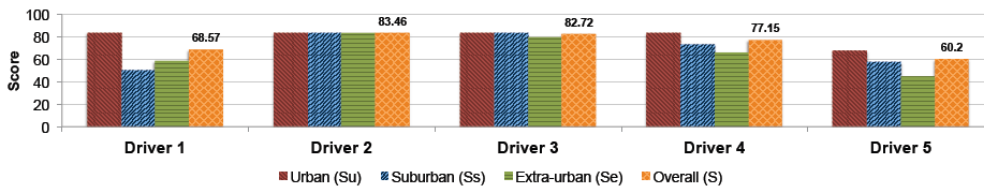
A inferência no exemplo do UBI-Meter foi aplicado em ambientes diferentes: urbano ( $S_u$ ), suburbano ( $S_s$ ) e extraurbano ( $S_e$ ).

De seguida, a pontuação final é calculada pesando a equação:

$$S = w_u S_u + w_s S_s + w_e S_e$$

Uma vez que o comportamento agressivo apresenta maiores riscos em meios urbanos por causa da presença de pedestres é atribuído um peso maior a pontuação do meio urbano  $S_u$  ( $w_u = 0.5$ ), suburbano  $S_s$  ( $w_s = 0.3$ ) e extraurbano  $S_e$  ( $w_e = 0.2$ ).

A Figura 11 mostra a classificação de cada motorista em diferentes meios urbanos como resultado da inferência aplicada. Verifica-se que todos os motoristas possuem comportamento muito agressivo em meio urbano, o que pode ser devido a maior presença de pedestres ou semáforos.



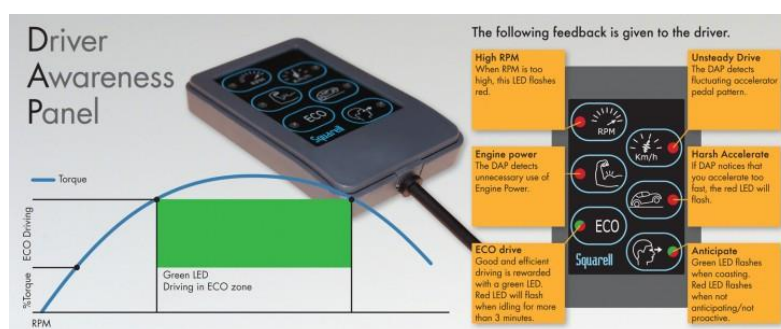
**Figura 11.** Pontuação da inferência para os diferentes motoristas

(CASTIGNANI, GERMAN, (2013). DRIVER BEHAVIOR PROFILING USING SMARTPHONES. IN INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS - (ITS), 2013 16TH INTERNATIONAL IEEE CONFERENCE. THE HAGUE, 6-9 OCT. 2013. INTERNATIONAL IEEE)

## 2.2.4. Squarell – Driver Awareness Panel (DAP)

A abordagem da Squarell define que as principais causas que levam ao aumento do consumo por parte do veículo são os tempos em *Idle*, travagens desnecessárias, potência do motor ineficiente, aceleração brusca e uso incorreto do acelerador [10]. Define ainda como boas práticas de condução o uso moderado da potência do motor, condução em velocidade estabilizada (*cruise control*) e comportamento proativo [10].

O DAP notifica o motorista com informação auditiva e visual (Figura 12) se a condução for boa – ecológica (verde) ou má (vermelho). Monitoriza de forma ativa a rede de comunicação do veículo *CAN BUS* e analisa os dados performance definidos [10].



**Figura 12.** Driver awareness panel – DAP

([HTTP://EUROPE.SQUARELL.COM/](http://EUROPE.SQUARELL.COM/). 2013. DRIVER AWARENESS PANEL | SQUARELL. [ONLINE] AVAILABLE AT: [HTTP://EUROPE.SQUARELL.COM/EN/PRODUCTS/PRODUCTS/PRODUCT/81/](http://EUROPE.SQUARELL.COM/EN/PRODUCTS/PRODUCTS/PRODUCT/81/))

Esta abordagem requer a compra do dispositivo de monitorização para recolha dos dados, assim como o DAP que são depois conectados para visualização da notificação.

## 2.2.5. TomTom – Active Driver Feedback

A TomTom que é uma companhia conhecida por desenvolver dispositivos de navegação GPS, decide apostar na monitorização das práticas de condução do motorista [11].



**Figura 13.** Active driver feedback

([HTTP://BUSINESS.TOMTOM.COM/](http://BUSINESS.TOMTOM.COM/). 2014. IMPROVED DRIVER BEHAVIOR - TOMTOM TELEMATICS GB. [ONLINE] AVAILABLE AT: [HTTP://BUSINESS.TOMTOM.COM/EN\\_GB/FLEET-MANAGEMENT/IMPROVED-DRIVER-BEHAVIOR/](http://BUSINESS.TOMTOM.COM/EN_GB/FLEET-MANAGEMENT/IMPROVED-DRIVER-BEHAVIOR/))

Embora aborde a questão do consumo de combustível, esta solução foca mais aspetos como a segurança. Permite a notificação de eventos como velocidade, travagens repentinas, consumos instantâneos e a sua eficiência [11]. A solução não notifica ao motorista nem aos gestores da frota qualquer tipo de velocidade ótima para redução do consumo.



### 2.2.6. Driver Feedback e Performance Manager Module

O Driver Feedback Module (*DFM*) é conectado ao *CAN BUS* do veículo e permite notificar o motorista em tempo real sobre eventuais infrações que esteja a praticar como excesso de velocidade, travagens bruscas e consumos *Idle*. A notificação é dada como alerta sonoro e a visual (Figura 14 (a)). Se o motorista continuar em infração então é dado o alerta visual (luz vermelha) e sonoro de que as suas ações estão a ser gravadas [12]. Este dispositivo foi usado pela firma de logística de armazenamento e distribuição Grontinental, que melhorou a performance dos seus motoristas de 20 para 60% [12].

Além do *DFM*, outra solução da Microlise é o Driver Performance Manager Module (*DPMM*) (Figura 14 (b)).



**Figura 14.** Driver Feedback (a) e Performance Manager (b) Module

([HTTP://MICROLISE.COM/](http://microlise.com/), 2010. FEEDBACK MODULE TO NOW MAKE IT EVEN EASIER FOR YOU TO MONITOR AND IMPROVE DRIVING BEHAVIOUR AND PERFORMANCE. [ONLINE] AVAILABLE AT: [HTTP://MICROLISE.COM/MICROLISE-INTRODUCE-THEIR-NEW-DRIVER-FEEDBACK-MODULE-TO-NOW-MAKE-IT-EVEN-EASIER-FOR-YOU-TO-MONITOR-AND-IMPROVE-DRIVING-BEHAVIOUR-AND-PERFORMANCE/](http://microlise.com/microlise-introduce-their-new-driver-feedback-module-to-now-make-it-even-easier-for-you-to-monitor-and-improve-driving-behaviour-and-performance/))

A aplicação permite aos motoristas acederem em tempo real os dados de performance praticado. Permite ainda que estes avaliem a sua condução quanto ao consumo e emissões de  $CO_2$  praticados, em comparação com o restante dos motoristas, para atribuir classificação como incentivo na redução do consumo [13].

### 2.2.7. EcoSmart

O ecosmart é a solução da TechnoSmart que permite aos motoristas desenvolver e gerir as suas capacidades de condução em tempo real. Recolhe os dados sobre consumos *Idle*, travagem, aceleração, curva de velocidade e nível de combustível [14].

A plataforma utiliza um ecrã interativo capaz de mostrar informações sobre o consumo médio atual. Os desvios nas práticas de condução são apresentados ao motorista e registados em servidor remoto via conexão 3G [14].



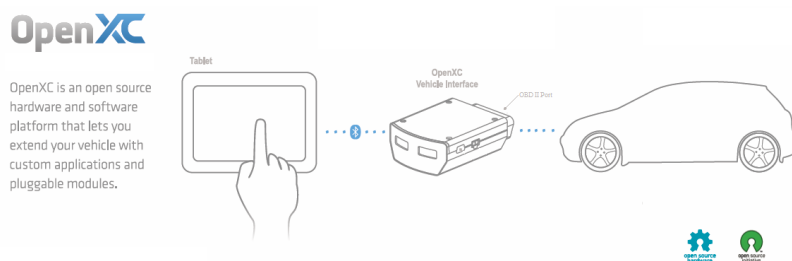
**Figura 15.** Ecosmart

([HTTP://TECHNOSMART.FI/](http://technosmart.fi/), 2013. INTELLIGENT VEHICLE DEVICES. [ONLINE] AVAILABLE AT: [HTTP://TECHNOSMART.FI/EN-INTELLIGENT-VEHICLE-DEVICES/](http://technosmart.fi/en/intelligent-vehicle-devices/))

## 2.2.8. Ford Bug Labs – OpenXC

Desenvolvida pela companhia Ford Motor o openXC é a solução desenvolvida ao abrigo de código livre (*opensource*). Trata-se de uma combinação entre *software* e *hardware* personalizado que permite o acesso imediato aos dados do veículo, em tempo real, de forma simples e fácil instalação [15].

Para acesso aos dados do veículo este utiliza a interface *OBD-II* através da biblioteca OpenXC e de aplicações a implementar por desenvolvedores (*Android* ou *PC*) [15]. A comunicação entre a interface *OBD-II* e a aplicação móvel é feita via *bluetooth*. Permite recolher diversos dados dos sensores do veículo como ângulo de direção, posicionamento *GPS*, velocidade, aceleração entre outras métricas de performance [15].



**Figura 16.** Plataforma de código livre OpenXC

([HTTP://OPENXCPLATFORM.COM/](http://openxcplatform.com/). 2014. THE OPENXC PLATFORM. [ONLINE] AVAILÁVEL AT: [HTTP://OPENXCPLATFORM.COM/](http://openxcplatform.com/))

O ponto forte desta solução está na junção de esforços entre a grande produtora de veículos Ford e o criador de inteligência operacional Splunk. A solução dessa junção, o “Connected Car” permite recolher dados do veículo e efetuar análise através da plataforma analítica Splunk. Esta plataforma contém painel de visualização (*dashboard*) onde pode ser analisado a correlação entre o consumo de combustível, a percentagem de aceleração e velocidade do motor (*RPM*) através de gráficos [15][16]

## Capítulo 3

### Objetivos e Abordagem

Neste capítulo é focado a abordagem ao problema e apresentação da proposta solução. São aqui discutidos aspetos de inovação, definição de requisitos, projeção da arquitetura e como esta é implementada.

O problema prende-se com a quantidade de combustível consumido em frotas de veículos como logística, táxi, *rent-a-car* e transportes de passageiros. Onde, a gestão do combustível é a atividade operacional de maior custo no orçamento anual, com cerca de 30% [1][2].

A solução proposta passa pelo uso de *smartphones* como solução económica focando as práticas de condução do motorista. Esta abordagem considera a recolha de dados dos sensores do *smartphone* como acelerómetro para obter eventos de aceleração; *GPS* para a localização, aceleração e velocidade do veículo; magnetómetro para orientação (compasso) e barómetro para obter a altitude através da pressão atmosférica do ar ambiente [20].

#### 3.1. Objetivos

A proposta tem como objetivo a redução do consumo através da notificação de infrações e classificações resultantes das práticas de condução do motorista. Estas infrações vão desde velocidades excessivas, acelerações e travagens moderadas ou agressivas. A classificação consiste na atribuição de pontuação de acordo com as infrações praticadas ao longo do percurso. Considera ainda a monitorização de estados *Idle*, em que o veículo se encontra parado com o motor ligado e a recomendação de uma velocidade ótima para o consumo capaz de guiar o motorista ao longo do percurso [5][6].

Trata-se de uma abordagem económica pois permite combinar um conjunto de capacidades num só dispositivo como: *GPS* e *GPS* assistido (*A-GPS*); comunicação dedicada, com múltiplas interfaces; possibilidades de comunicação sem fios como *GPRS/GSM*, *3G/4G* para comunicações remota; baixo custo de instalação; interface para comunicação com o condutor; fácil manutenção e crescimento contínuo de sensores.

Tendo em conta a carga de trabalho presente será implementado numa primeira fase a classificação das práticas de condução do motorista como abordagem de correção. Posteriormente, a abordagem de recomendação que inclui aprendizagem e notificação das práticas de condução ótimas para o consumo [5][6].

A inovação da proposta consiste em combinar a classificação das práticas de condução, a monitorização de estados *Idle* com a aprendizagem e previsão da ação de condução ótima que leva ao menor consumo. Isto porque, a recomendação da velocidade ótima por si só não garante que se alcance a mais eficiente redução do consumo. Enquanto os motoristas praticarem velocidades excessivas e acelerações agressivas, o conjunto de ações irá refletir esse comportamento agressivo.

A combinação da velocidade de condução ótima com a abordagem de classificação obriga o motorista a ter maior cuidado e adaptar o seu comportamento, gerando assim conjunto de ações cada vez mais ótimos.

A Tabela 4 apresenta a comparação de funcionalidades implementadas em soluções existentes e permitiu ganhar perspectivas de inovação face ao que já existe. Destacado a verde estão as funcionalidades que foram ou não implementadas pelas soluções estudadas. Assim, identificou-se que apenas o *IDS* implementa a velocidade de condução ótima, mas não classifica o comportamento do motorista.

Funcionalidade	Soluções							
	IDS	Squarell DAP	Eco Smart	Microlise DFM	Microlise DPMM	UBI-Meter	TomTom (ADF)	Ford OpenXC + Splunk
ID do veículo	Não	Sim	Sim	N/A	N/A	N/A	Sim	N/A
ID do motorista	Não	Extra (RFID)	N/A	Não	Sim	Sim	N/A	Sim
ID da rota	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Velocidade ótima	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Notificação ao motorista	Visual	Sonora e visual	Visual	Sonora e visual	Visual	Visual	Visual	Não
Controlo de consumos <i>Idle</i>	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Sim	Não
Localização do veículo	GPS Externo, Extra	Não	Não	Não	Não	GPS/A-GPS Interno	N/A	GPS
Comunicação remota	GSM/GPRS	N/A	3G	Não	Sim	GSM/GPRS	N/A	3G/4G
Comparação de performance entre motoristas	Não	Não	Não	Não	Sim	Offline	Não	Sim
Classificação das práticas de condução	Não	Sim	Sim (remoto)	Sim (simples)	Sim	Sim	Sim	Não
Notificação em tempo real	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Tabela 4. Comparação de soluções da análise ao comportamento do motorista

## 3.2. Definição de requisitos

Nesta secção são definidos os principais requisitos como solução para resolução do problema do consumo de combustível em frotas de veículos. O modelo do documento de requisitos foi adaptado do relatório da cadeira Gestão de Projetos de Software 2012/13, do qual fiz parte.

### 3.2.1. Definições gerais

#### Prioridades

A Tabela 5 define a prioridade dos requisitos, dado que alguns são de maior importância para a solução do problema e sucesso do projeto do que outros.

Tipo de Prioridade	Descrição
<i>Must</i>	Requisitos obrigatórios que possuem elevada prioridade e importância para o projeto.
<i>Should</i>	Requisitos de prioridade média. Estes são importantes para o projeto mas se não forem cumpridos a solução final não será comprometida.
<i>Could</i>	Requisitos de baixa prioridade. Estes dão ao projeto um valor acrescido, mas só devem ser implementados se o tempo for suficiente.
<i>Won't</i>	Requisitos de prioridade muito baixa ou nula, que servem como futuras recomendações de funcionalidades para o projeto.

Tabela 5. Descrição dos tipos de prioridades dos requisitos

#### Tipo de requisitos

Na Tabela 6 são apresentados os 5 tipos de requisitos que permite definir especificamente o seu contexto.

Tipo de Requisito	Descrição
<b>Funcionalidade</b>	Requisitos que descrevem a atividade do sistema.
<b>Usabilidade</b>	Requisitos baseados nos utilizadores, interfaces e acessibilidade.
<b>Confiabilidade</b>	Tolerância a falhas e disponibilidade do sistema.
<b>Desempenho</b>	Performance do sistema e uso de recursos.
<b>Suportabilidade</b>	Escalabilidade, compatibilidade, configuração e testes.

Tabela 6. Descrição dos tipos de requisitos

#### Glossário

Abreviatura	Descrição
<b>RF_xx</b>	Requisito funcional. Ex.: RF_01 – Enviar dados.
<b>CU_xx</b>	Caso de uso. Ex.: CU_01 – Alterar configurações.
<b>RT_xx</b>	Restrição técnica; Ex.: RT_01 – Versão da plataforma <i>Android</i> .
<b>RNF_xx</b>	Requisito não funcional; Ex.: RNF_01 – Disponibilidade do servidor.

Glossário 1. Identificadores para requisitos

## Sistema e utilizadores

O sistema que será solução para dar resposta ao problema apresentado terá 3 pontos de desenvolvimento: uma aplicação móvel que deve ser instalada em *smartphone* e colocada no interior do veículo, uma aplicação *web* para administração de contas dos condutores e um servidor escalável que recebe os dados provenientes da aplicação móvel.

A aplicação móvel recolhe os dados dos sensores do *smartphone* como: acelerómetro para obter eventos de aceleração; magnetómetro para orientação do dispositivo no sistema de coordenadas da terra; *GPS* para localização, aceleração e velocidade do veículo; barómetro para obter a altitude em que se encontra o veículo. Esta deteta infrações praticadas pelos motoristas, classifica o comportamento quanto a agressividade e envia para o servidor.

A solução inclui servidor que recebe os dados provenientes dos veículos e armazena em base de dados. Integra ainda uma plataforma de administração onde o administrador do sistema pode gerir informações sobre os motoristas.

Quanto aos utilizadores, serão os motoristas dos veículos que irão interagir com a aplicação móvel. A plataforma de administração tem o administrador do sistema como utilizador.

### 3.2.2. Requisitos funcionais

#### Aplicação móvel

RF_01 – Recolher dados	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	<p>A aplicação deve recolher os dados através dos sensores do <i>smartphone</i>. Para tal, o utilizador deve acionar a opção iniciar corrida no início de uma viagem e terminar corrida no final do percurso.</p> <p><b>O conteúdo dos dados a recolher são:</b></p> <p>Localização <i>GPS</i> do veículo (latitude, longitude e altitude), aceleração do sensor acelerómetro (<math>m/s^2</math>); campo magnético ambiente nos 3 eixos x, y e z (<math>\mu T</math>) usando o sensor magnetómetro; pressão atmosférica ambiente do ar (<i>hPa</i>) usando o sensor barómetro; tempo da recolha.</p> <p>O sistema da aplicação móvel deve recolher os dados consoante o intervalo de tempo definido de 1 segundo. A localização através do <i>GPS</i> é mais precisa, mas não funciona em ambientes cobertos.</p> <p>Para determinar a navegação dentro e fora de locais cobertos a plataforma <i>Android</i> determina a localização através dos sinais obtidos das torres telefónicas (triangulação) ou via <i>WiFi</i>.</p>

RF_02 – Tratamento e validação dos dados	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	<p>Os dados obtidos a partir do <i>GPS</i> como latitude, longitude, altitude e velocidades médias de deslocamento possuem impurezas e devem ser tratados e validados.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se o veículo se encontrar a distância inferior à 2 metros comparativamente à última posição recolhida, então esta é substituída pela posição mais recente;</li> <li>2. A velocidade deve ser filtrada e validada (ex. rastro de localização com velocidades acima de 300 Km/h são descartados, assim como o rastro de localização cuja distância entre o rastro de localização anterior e o corrente é superior à 60 m (60 m em 1 segundo → 216 Km/h).</li> <li>3. Deve ainda ser filtrado a altitude do terreno em que circula o veículo (ex. pontos com diferença de altitude superior à 100 m comparado com altura real de validação);</li> <li>4. Os rastros de localização <i>GPS</i> geram nuvem de pontos denominados <i>clustering</i> e deve ser tratado;</li> </ol>

RF_03 – Armazenar dados	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	<p>A aplicação móvel deve armazenar os dados correspondentes as infrações de velocidade excessiva, acelerações e travagens moderadas ou agressivas. Deve ainda armazenar as classificações obtidas ao longo do percurso.</p> <p>Cada uma das infrações e classificações deve conter o identificador do condutor, veículo e dispositivo, bem como a data de ocorrência.</p> <p>No entanto, há um limite máximo de dados a armazenar que é definido pelo utilizador. E caso este seja atingido, o armazenamento deve ser feito em modo <i>FIFO</i>, onde os dados mais antigos são substituídos pelos mais recentes.</p>

RF_04 – Enviar dados	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	<p>A aplicação deve enviar para o servidor o conjunto de infrações e classificações existentes na base de dados. Este envio é feito quando é iniciada a aplicação ou a cada limiar definido na rota em que circula o veículo (1 Km por defeito).</p> <p>Só deve no entanto enviar os dados caso tenha autorização para envio ou não tenha sido ultrapassado o limite máximo de tráfego de dados a enviar, definidos pelo utilizador.</p>

RF_05 – Registro ao servidor de notificação	
Prioridade: <b>Won't</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	<p>Para que seja possível receber notificação do servidor do sistema a aplicação deve antes registrar-se a um servidor de notificação grátis como o <i>Google Cloud Messaging (GCM)</i> para plataforma <i>Android</i>, <i>Apple Push Notification Service (APNS)</i> para <i>IOS</i> ou o <i>Mozilla Simple Push</i>.</p> <p>Após registro ao servidor de notificação, a aplicação deverá receber um identificador único (<i>token</i>) que é usado na comunicação com o servidor do sistema.</p>

RF_06 – Receber notificação de atualização	
Prioridade: <b>Won't</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	<p>A aplicação móvel deve ser notificada sempre que o servidor efetua atualização na rota em que o veículo circula. Ao receber esta notificação, a aplicação deve atualizar a lista armazenada correspondente pela mais recente.</p>

RF_07 – Atualizar rota	
Prioridade: <b>Could</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	<p>A aplicação deverá atualizar a rota e segmentos de limites de velocidade que possui pela informação mais recente. Esta atualização deve ser efetuada sempre que a aplicação inicia ou após receber notificação de alteração da rota por parte do servidor.</p>

RF_08 – Compressão dos dados a enviar	
Prioridade: <b>Won't</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	<p>Os dados a serem enviados pela aplicação móvel devem ser comprimidos de forma a economizar o tráfego de rede.</p>

RF_09 – Classificação da condução do motorista	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	<p>A classificação é obtida a partir do conjunto de infrações praticado pelos condutores ao longo do percurso. Consiste em atribuir uma pontuação de acordo com o valor obtido na classificação: Muito bom → verde [0-25], Bom → azul [25-50], Mau → laranja [50-75] e Muito mau → vermelho [75-100].</p> <p><b>A classificação considera as seguintes características:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tempo relativo <math>VE_T</math>, médio <math>VE_A</math> e máximo <math>VE_P</math> que incorre em excesso de velocidade, por cada 1 Km;</li> <li>2. Número moderado <math>ACS_M</math> (<math>a &gt; 1.9 m/s^2</math>), agressivo <math>ACS_A</math> (<math>a &gt; 3.3 m/s^2</math>), de eventos de aceleração por cada 1 Km ou valor definido na rota;</li> <li>3. Aceleração longitudinal máxima positiva <math>ACG_P</math> e negativa <math>ACG_N</math> (Amplitude da aceleração).</li> <li>4. Número de eventos moderado <math>ACG_M</math> (valor absoluto da aceleração <i>GPS</i> maior <math>1.5 m/s^2</math>), agressivo <math>ACG_A</math> de aceleração por cada 1 Km ou valor definido na rota (valor da aceleração <i>GPS</i> maior <math>2.8 m/s^2</math>);</li> <li>5. Número de eventos moderado <math>TRG_M</math> (desaceleração <i>GPS</i> maior <math>-1.5 m/s^2</math>), agressivo <math>TRG_A</math> (desaceleração <i>GPS</i> maior <math>-2.8 m/s^2</math>) por cada 1 Km ou valor definido na rota;</li> </ol> <p>Considera a configuração da rota como subidas e descidas, e o estado da carga do veículo:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se o veículo segue em excesso de velocidade <b>150 m</b> antes de uma subida, reduzimos o tempo em velocidade excessiva no intervalo de <b>150 m</b> antes da configuração.</li> <li>2. Se vai a subir carregado ou não e acelerar agressivo, a infração é considerada de granularidade moderada.</li> <li>3. Ação do motorista dentro de uma configuração da rota como descida. Se vai a descer:  <math>ACS_M</math> → Granularidade da infração moderado. <math>ACS_A</math> → Granularidade da infração agressivo.  <math>TRG_M</math> e segue carregado → Granularidade da infração moderado.  <math>TRG_A</math> e segue carregado ou não → Granularidade da infração agressivo.</li> </ol>

RF_10 – Notificar motorista	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	A cada infração praticada o condutor deve ser notificado em tempo real. Após classificação das práticas de condução deve ser mostrado ao motorista a classificação obtida. Deve ainda ser notificado de forma persistente e intermitente enquanto permanecer em excesso de velocidade.

RF_11 – Previsão e notificação de velocidade de condução ótima	
Prioridade: <b>Won't</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	Para poupar combustível além da abordagem de correção para redução de infrações é preciso uma abordagem de recomendação, que é feita calculando a velocidade ótima capaz de guiar o condutor ao longo do percurso.

RF_12 – Monitorização de estado <i>Idle</i>	
Prioridade: <b>Won't</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	A aplicação móvel deve verificar se o veículo está em estado <i>Idling</i> , parado com o motor ligado.

RF_13 – Iniciar corrida automático	
Prioridade: <b>Could</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	Permite iniciar a corrida de forma automática sem a necessidade de intervenção por parte do condutor.

RF_14 – Terminar corrida automático	
Prioridade: <b>Could</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	Permite terminar a corrida de forma automática sem a necessidade de intervenção por parte do condutor.



## Servidor

RF_15 – Receber dados	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	O servidor do sistema deve receber o conjunto de infrações e classificações provenientes da aplicação móvel.

RF_16 – Armazenar dados	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	O servidor do sistema deve proceder ao carregamento massivo dos conjuntos de infrações e classificações provenientes da aplicação móvel ( <b>RF_15</b> ).

RF_17 – Notificar atualização da rota	
Prioridade: <b>Won't</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	<p>O servidor do sistema deve notificar a aplicação móvel sempre que é feita alteração à rota em que o veículo circula. Deve ser enviado apenas uma mensagem (<i>FLAG</i>) a solicitar que o cliente móvel faça a respetiva atualização da rota.</p> <p>O servidor deve ainda incluir na mensagem o identificador da aplicação móvel registado no servidor de notificação <i>GCM</i>. Este ID deve estar contido no cabeçalho das mensagens recebidas da aplicação móvel.</p>

RF_18 – Remover histórico de classificações e infrações	
Prioridade: <b>Won't</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	<p>Periodicamente, o servidor do sistema deve remover o conjunto de infrações e classificações pertencentes a uma janela temporal de 1 mês.</p> <p>Esta opção permite economizar o armazenamento de dados no servidor.</p>

RF_19 – Descompressão de dados	
Prioridade: <b>Could</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	Após receber os dados provenientes da aplicação móvel o servidor deve proceder a descompressão dos dados.

### 3.2.3. Casos de uso

Pretende-se com os diagramas de caso de uso ilustrar de forma simples e clara os requisitos funcionais do projeto de desenvolvimento de *software*. Isto permite a coerência da análise de requisitos com a solução pretendida.

#### Utilizador da aplicação móvel

A Figura 17 apresenta o conjunto de operações possíveis na interação do condutor com a aplicação móvel.

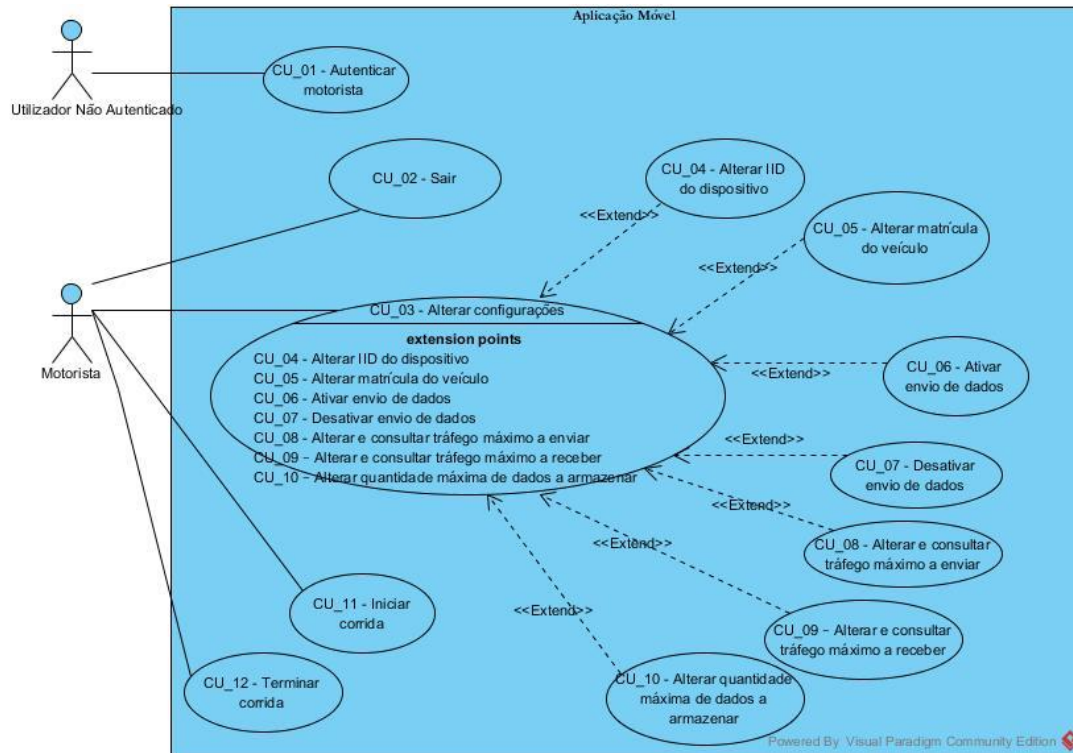


Figura 17. Diagrama de casos de uso - Aplicação móvel

CU_01 – Autenticar motorista	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	Deve ser efetuada autenticação para aceder a aplicação móvel. A autenticação do motorista não considera a autenticação local, caso não haja ligação com o servidor. O que poderá ser incluído posteriormente usando os cartões de cada motorista.
Ator	Utilizador não autenticado.
Pré-condições	O Utilizador não autenticado já deve encontrar-se na página de autenticação.
Fluxo básico	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduzir nome de utilizador e <i>palavra-chave</i> de acesso;</li> <li>2. Caso os dados inseridos estejam corretos é direcionado para a página principal;</li> <li>3. Caso os dados de acesso estejam errados é mostrado ao utilizador uma mensagem em como as credenciais estão incorretas.</li> </ol>
Pós-condições	O Utilizador não autenticado encontra-se na página principal da aplicação móvel.

CU_02 – Sair	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	Uma vez autenticado, a aplicação deve permitir a que o motorista saia da aplicação.
Ator	Utilizador autenticado
Pré-condições	O Utilizador autenticado já deve encontrar-se na página principal da aplicação móvel.
Fluxo básico	Seleciona o botão de Sair
Pós-condições	O Utilizador autenticado encontra-se na página de autenticação da aplicação móvel.

CU_03 – Alterar configurações	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	A aplicação móvel deverá permitir ao utilizador alterar um conjunto de configurações.
Ator	Utilizador da aplicação móvel
Pré-condições	O Utilizador já terá de estar autenticado
Dependências	<b>CU_04, CU_05, CU_06, CU_07, CU_08, CU_09 e CU_10</b>
Fluxo básico	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seleciona o botão de opções (Definições);</li> <li>2. Altera as configurações e ao mesmo tempo o sistema do dispositivo guarda-as.</li> </ol>
Pós-condições	O Utilizador alterou alguma das configurações disponíveis.

CU_04 – Alterar ID do dispositivo	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	A aplicação deve permitir alterar o identificador único de cada dispositivo <i>IMEI</i> .
Ator	Utilizador da aplicação móvel.
Pré-condições	O Utilizador deve estar autenticado. O Utilizador deve ter entrado na aplicação e selecionado a opção de efetuar configurações ( <b>CU_03</b> ).
Fluxo básico	Seleciona o botão de <i>IMEI</i> para alterar o identificador do dispositivo.
Pós-condições	O Utilizador alterou o identificador do dispositivo através do botão <i>IMEI</i> .

CU_05 – Alterar matrícula do veículo	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	A aplicação deve permitir a alteração do identificador do veículo sobre o qual se encontra o <i>smartphone</i> . O ID deve ser unívoco (ex. matrícula do veículo).
Ator	Utilizador da aplicação móvel.
Pré-condições	O Utilizador deve estar autenticado. O Utilizador deve ter entrado na aplicação, selecionado a opção de efetuar configurações <b>(CU_03)</b> .
Fluxo básico	Seleciona o botão <i>Matricula do veículo</i> para alterar o identificador do veículo.
Pós-condições	O Utilizador alterou o identificador do veículo através do botão <i>Matricula do veículo</i> .

CU_06 – Ativar envio de dados	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	A aplicação deve permitir ativar o envio de dados.
Ator	Utilizador da aplicação móvel.
Pré-condições	O Utilizador deve estar autenticado. O Utilizador deve ter entrado na aplicação, selecionado a opção de efetuar configurações <b>(CU_03)</b> .
Fluxo básico	Marca o botão <i>Enviar dados</i> para ativar o envio de dados.
Pós-condições	O Utilizador ativou o envio de dados através do botão <i>Enviar dados</i> .

CU_07 – Desativar envio de dados	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	A aplicação deve permitir desativar o envio de dados.
Ator	Utilizador da aplicação móvel.
Pré-condições	O Utilizador deve estar autenticado. O Utilizador deve ter entrado na aplicação, selecionado a opção de efetuar configurações <b>(CU_03)</b> .
Fluxo básico	Desmarca o botão de <i>Enviar dados</i> para desativar o envio de dados.
Pós-condições	O Utilizador desativou o envio de dados através do botão <i>Enviar dados</i> .

CU_08 – Alterar e consultar tráfego máximo a enviar	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	A aplicação deve permitir alteração da quantidade máxima de dados a enviar permitidos. Deve ainda permitir a consulta da quantidade de dados enviados.
Ator	Utilizador da aplicação móvel.
Pré-condições	O Utilizador deve estar autenticado. O Utilizador deve ter entrado na aplicação, selecionado a opção de efetuar configurações <b>(CU_03)</b> .
Fluxo básico	Seleciona o botão <i>Tráfego máximo a enviar</i> para alterar o limite máximo de dados a enviar.
Pós-condições	O Utilizador alterou o limite máximo de dados a enviar através do botão <i>Tráfego máximo a enviar</i> .

CU_09 – Alterar e consultar tráfego máximo a receber	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	A aplicação deve permitir alteração da quantidade máxima de dados a receber permitidos. Deve ainda permitir a consulta da quantidade de dados que recebeu.
Ator	Utilizador da aplicação móvel.
Pré-condições	O Utilizador deve estar autenticado. O Utilizador deve ter entrado na aplicação, selecionado a opção de efetuar configurações <b>(CU_03)</b> .
Fluxo básico	Seleciona o botão <i>Tráfego máximo a receber</i> para alterar o limite máximo de dados a enviar.
Pós-condições	O Utilizador alterou o limite máximo de dados a enviar através do botão <i>Tráfego máximo a receber</i> .

CU_10 – Alterar quantidade máxima de dados a armazenar	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	A aplicação deve permitir a alteração da quantidade máxima de dados a armazenar permitidos.
Ator	Utilizador da aplicação móvel.
Pré-condições	O Utilizador deve estar autenticado. O Utilizador deve ter entrado na aplicação, selecionado a opção de efetuar configurações <b>(CU_03)</b> .
Fluxo básico	Seleciona o botão <i>Tamanho máximo a armazenar</i> para alterar a quantidade máxima de dados a armazenar permitidos.
Pós-condições	O Utilizador alterou a quantidade máxima de dados a armazenar permitidos através do botão <i>Tamanho máximo a armazenar</i> .

CU_11 – Iniciar corrida	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	A aplicação deve permitir iniciar a recolha de dados correspondentes a uma corrida.
Ator	Utilizador da aplicação móvel.
Pré-condições	O Utilizador deve estar autenticado.
Fluxo básico	Seleciona o botão de <i>Iniciar corrida</i> para iniciar corrida e ativar a recolha de dados.
Pós-condições	O Utilizador ativou o início de uma corrida através do botão <i>Iniciar corrida</i> .

CU_12 – Terminar corrida	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	A aplicação deve permitir o fim da recolha de dados correspondentes a uma corrida.
Ator	Utilizador da aplicação móvel.
Pré-condições	O Utilizador deve estar autenticado.
Fluxo básico	Seleciona o botão de <i>Terminar corrida</i> para desativar a recolha de dados e terminar a corrida em curso.
Pós-condições	O Utilizador terminou a corrida e a recolha de dados através do botão <i>Terminar corrida</i> .

## Utilizador da plataforma de administração

A Figura 18 indica o conjunto de operações possíveis na interação do administrador com a aplicação de administração (*Backoffice*).

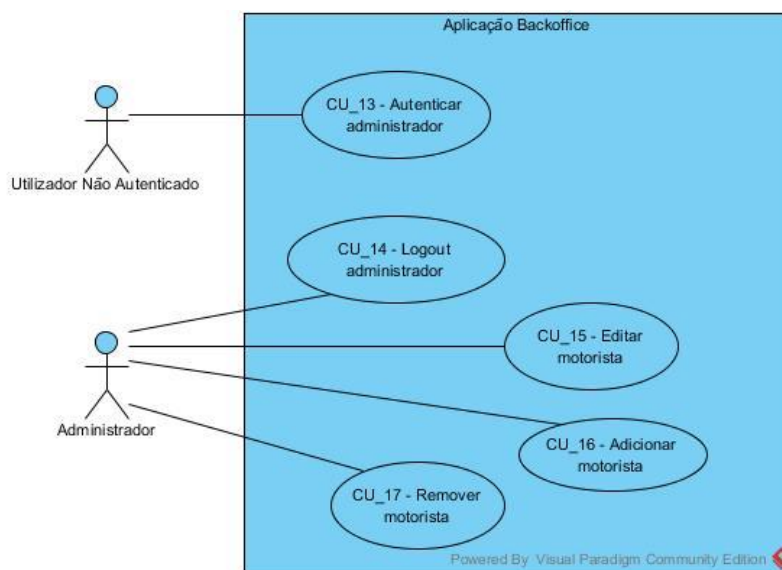


Figura 18. Diagrama de casos de uso - Aplicação administrador

CU_13 – Autenticar administrador	
Prioridade: <b>Must</b>   Tipo: <b>Funcionalidade</b>	
Descrição	Deve ser efetuada autenticação para acesso à plataforma de administração.
Ator	Utilizador não autenticado.
Pré-condições	O Utilizador não autenticado já deve encontrar-se na página de autenticação do <i>backoffice</i> .
Fluxo básico	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Introduzir nome de utilizador e <i>palavra-chave</i> de acesso;</li> <li>2. Caso os dados introduzidos estejam corretos, o utilizador é direcionado para a página principal de <i>backoffice</i>;</li> <li>3. Caso os dados de acesso estejam errados é apresentado ao utilizador uma mensagem de erro.</li> </ol>
Pós-condições	O Utilizador não autenticado encontra-se na página principal da plataforma de administração ou tenta novamente o acesso.

CU_14 – Logout administrador	
Prioridade: <b>Must</b>   Tipo: <b>Funcionalidade</b>	
Descrição	Deve ser efetuado <i>logout</i> para terminar a sessão na plataforma de administração.
Ator	Utilizador autenticado.
Pré-condições	O Utilizador autenticado já deve encontrar-se na página de administração.
Fluxo básico	O utilizador efetua o clique sobre ligação <i>logout</i> ;
Pós-condições	O Utilizador não autenticado encontra-se na página de autenticação da plataforma de administração.

CU_15 – Editar motorista	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	Deve ser permitido ao Administrador alterar os dados da conta do motorista.
Ator	Administrador
Pré-condições	O Administrador já deve encontrar-se na página principal da plataforma de administração.
Fluxo básico	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O Administrador seleciona a opção <i>Editar</i> para alterar os dados referentes a conta do motorista, clicando sobre o botão Editar da tabela, correspondente ao motorista a editar.</li> <li>2. Administrador efetua as alterações que entende aos dados do motorista (nome, contato de email ou telefónico e palavra-chave);</li> <li>3. O sistema guarda as alterações efetuadas.</li> </ol>
Pós-condições	O Administrador encontra-se na página principal e edita uma conta de Motorista.

CU_16 – Adicionar motorista	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	O Administrador deve conseguir criar novas contas de motorista.
Ator	Administrador
Pré-condições	O Administrador já deve encontrar-se na página principal da plataforma de administração.
Fluxo básico	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Administrador seleciona a opção novo motorista;</li> <li>5. De seguida, seleciona a opção <i>Guardar</i>. Os dados associados a cada conta devem ser: nome, nome de utilizador (unívoco), <i>palavra-chave</i>, contato de email e telefónico (opcional).</li> <li>6. Sistema guarda as alterações efetuadas.</li> </ol>
Pós-condições	O Administrador encontra-se na página principal, onde adiciona uma nova conta de motorista.

CU_17 – Remover motorista	
Prioridade: <b>Must</b>	Tipo: <b>Funcionalidade</b>
Descrição	O Administrador deve conseguir eliminar qualquer conta de motorista.
Ator	Administrador
Pré-condições	O Administrador já deve encontrar-se na página principal da plataforma de administração.
Fluxo básico	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. O Administrador seleciona a opção <i>Remover</i> correspondente ao motorista cuja conta pretende eliminar;</li> <li>2. O sistema guarda as alterações efetuadas.</li> </ol>
Pós-condições	O Administrador encontra-se na página principal e elimina uma conta de motorista.

### 3.2.4. Restrições técnicas

As restrições técnicas representam um conjunto de condicionantes que devem ser tidos em conta aquando da implementação do sistema. As tabelas seguintes indicam o conjunto de restrições identificados:

RT_01 - Integração com Servidor do DEI	
Prioridade: <b>Must</b>	
Descrição	O servidor do sistema deve conseguir integrar-se com o servidor do DEI disponibilizado.

RT_02 – Plataforma Android	
Prioridade: <b>Must</b>	
Descrição	A aplicação móvel deve ser desenvolvida para a plataforma <i>Android</i> , a partir da versão 4.0 <i>Honeycomb</i> , API 11. Esta é suportada em cerca de 87.9% dos dispositivos ativos no <i>Google Play</i> (7 de Fevereiro de 2015). A escolha da plataforma <i>Android</i> ao invés dos seus concorrentes como o Apple <i>IoS</i> ou <i>Windows Phone</i> tem a ver com a quota de mercado que é largamente dominado pela plataforma <i>Android</i> com 78%, comparado com 18.3 do <i>IoS</i> e 2.7% para o <i>Windows Phone</i> . Estes dados correspondem ao primeiro trimestre de 2015, segundo a agência de inteligência de mercados internacional <i>IDC (International Data Corporation)</i> [18].

RT_03 – Especificações técnicas do dispositivo	
Prioridade: <b>Must</b>	
Descrição	O <i>Hardware</i> do dispositivo deve incluir as seguintes especificações técnicas: Comunicação: Internet 3G/4G. GPS/AGPS Sensores: Magnetómetro (Compasso), acelerómetro e barómetro. Armazenamento mínimo de 500 MBytes. CPU e memória RAM suficiente capaz de correr a versão mínima (RT_02).

RT_04 – Solução de baixo custo	
Prioridade: <b>Must</b>	
Descrição	Deve-se ter em conta o custo adicional que pode resultar do tráfego de dados no uso de rede 3G/4G.



#### RT\_05 – Quantidade máxima de armazenamento

Prioridade: **Must**

Descrição	A aplicação móvel não pode armazenar mais do que o valor definido pelo utilizador (250 MBytes por definição).
-----------	---

#### RT\_06 – Tráfego máximo de dados a enviar e receber

Prioridade: **Must**

Descrição	A aplicação móvel não pode receber mais do que a quantidade máxima de dados a receber ou a enviar definidas pelo utilizador (50 MBytes por definição).
-----------	--

#### RT\_07 – Limite de chamadas à API's

Prioridade: **Must**

Descrição	A aplicação não deve ultrapassar os limites máximos de chamadas definidas pelos servidores. Google Elevation: 5 pedidos por segundo e 2.500 por 24 horas, Overpass API: menos de 5 pedidos por minuto e 10.000 por dia, OpenWeatherMap: 20 pedidos por segundo.
-----------	--

#### RT\_08 – Posição do dispositivo dentro do veículo

Prioridade: **Must**

Descrição	O dispositivo deve permanecer em posição panorâmica, frontal ao condutor para que este possa visualizar a notificação. Por uma questão de segurança rodoviária a visualização deve ser intuitiva e o <i>smartphone</i> posicionado a frente e no horizonte do motorista, de acordo com os testes de cognição realizados no sistema <i>IDS</i> [5], ilustrados na Figura 8.
-----------	--

#### RT\_09 – Economia da bateria do dispositivo

Prioridade: **Must**

Descrição	Para economizar a bateria o dispositivo deve ser alimentado através do carregador isqueiro do veículo ou método alternativo.
-----------	--

### 3.2.5. Requisitos Não funcionais

#### Atributos de qualidade

Como forma de descrever os requisitos não funcionais do sistema são definidos vários atributos de qualidade como custo, confiabilidade, disponibilidade, escalabilidade, desempenho, usabilidade e respetivos cenários [17].

Para cada um dos requisitos são discutidos os problemas, pressupostos e soluções presentes nos condutores arquiteturais (3.3.4). No entanto, são aqui listados de forma breve os atributos de qualidade.

#### Custo

Análise breve sobre o custo da solução incluindo custo de serviço com o provedor de internet.

RNF-01	Problema ( <i>Breakdown</i> )
Custo da solução móvel e serviços	Aumento do tráfego causado pelo tamanho das mensagens a enviar.
	Dispositivo com sensor barómetro pode aumentar o custo da solução.
	Tráfego máximo de dados a enviar.
	Tráfego máximo de dados a receber.

#### Confiabilidade

Pretende-se com a confiabilidade garantir o bom funcionamento da aplicação móvel mesmo sob condições adversas como falta de conectividade com o servidor, ausência de sinal *GPS* entre outros descritos a seguir.

RNF_02	Problema ( <i>Breakdown</i> )
Módulo localização	<b>Falta do módulo de localização causado por falha do sinal <i>GPS</i> ou <i>A-GPS</i></b> Deixamos de ter o requisito funcional iniciar e terminar viagem automático. Não é detetado a velocidade e sentido da viagem que permite conhecer se segue ou não carregado.
Conetividade, tolerância e recuperação de falhas	<b>Falta de conectividade com o servidor <i>web</i> (<i>API</i> de autenticação)</b> Não há autenticação com o servidor <i>web</i> .
	<b>Falta de conectividade com o servidor <i>web</i> (<i>API</i> de rotas)</b> Não há rota, nem segmentos com limites de velocidade máximo. Não é possível terminar viagem automático por não se conhecer o destino.
	<b>Falta de conectividade com a <i>API</i> Google Elevation</b> Não é detetado se o veículo segue a subir ou a descer.
	<b>Falta de conectividade com a <i>API</i> Overpass</b> Não se conhece os limites de velocidade praticados.
	<b>Falta de conectividade com o servidor escalável de envio de dados</b> A aplicação móvel não envia dados.
Odometrias	Caso ocorra uma falha bizantina antes de atingir a distância de classificação 1 Km ou ao chegar ao destino pode não ser feita a classificação.
	<b>Início de viagem ao meio do percurso</b> O condutor pode ter iniciado a viagem ao meio de uma corrida e não dentro do perímetro onde sai.
<i>API</i> 's e limites de chamadas	<b><i>API</i> Google Elevation</b> Conhecer a altitude do veículo. Máximo de 5 pedidos por segundo e 2.500 por 24 horas.
	<b><i>API</i> Overpass</b> Conhecer o limite máximo de velocidade. Menos de 5 pedidos por minuto e 10.000 por dia.
	<b><i>API</i> OpenWeatherMap</b> Conhecer a altitude do veículo. Máximo de 20 pedidos por segundo.

### Escalabilidade (RNF\_03) e Alta disponibilidade (RNF\_04)

Não existe para já a necessidade de escalar o sistema ou garantir alta disponibilidade, por se tratar de um protótipo de âmbito académico. Caso venha a surgir tal necessidade poderá ser feito usando servidores redundantes para escalabilidade horizontal. A arquitetura deve apenas suportar escalabilidade e alta disponibilidade no envio de dados para o servidor.

### Performance

RNF_05	Problema ( <i>Breakdown</i> )
Performance	Tempo de resposta do servidor escalável de envio de dados.
	Tempo máximo para notificação de infração e classificação
	<b>Extração de infrações de velocidade excessiva.</b> A verificação se o veículo está em excesso de velocidade deve ser feito em 1 segundo.
	<b>Latência da rede na comunicação com a API Google Elevation</b> Cálculo da elevação para conhecer se o veículo segue a subir ou a descer.

### Segurança (RNF\_06)

Deverão ser implementados aspetos fundamentais como a confidencialidade e integridade dos dados enviados pela rede e armazenados no servidor.

#### Confidencialidade

Os utilizadores da aplicação ao autenticarem-se têm as suas credenciais suscetíveis de ataques *Man in the middle*, por quem tem acesso a rede de comunicação. Este tipo de ataques é possível usando métodos como cópia de pacotes enviados pela rede e examinar as credenciais caso estas não estejam devidamente encriptadas.

Não bastando apenas encriptar as mensagens é fundamental garantir que estas são vistas apenas por quem tem devida autorização.

#### Integridade

As credenciais dos utilizadores como *palavra-chave* devem conter no mínimo 8 - 25 caracteres alfanuméricos e codificadas no servidor usando função com *hashing BCrypt* com 256 bits.

### Usabilidade (RNF\_07)

Pretende-se dar ao utilizador da aplicação móvel uma melhor experiência de utilização. Focando elementos de usabilidade como interação, visibilidade – o que é relevante deve estar visível; afordances – os elementos devem sinalizar para que servem; resposta – uma resposta imediata ao toque e mapeamento – que permite ao utilizador compreender o que pode fazer com a aplicação.

### 3.3. Definição de arquitetura

Esta secção descreve a arquitetura global e interna do sistema, as decisões e justificações de orientações técnicas que definem a sua integridade e, que possam garantir que a compreensão da estrutura e o bom funcionamento do sistema são assegurados.

A arquitetura do sistema segue o padrão de múltiplas camadas (*NTier*), onde existem diversas camadas como cliente que recolhe e envia os dados, servidor que trata da parte lógica e servidor de base de dados para persistência dos dados (Figura 19).

Existe a separação de baixo acoplamento (*loosely coupled*) no servidor entre o serviço *web* responsável por servir informação dos motoristas e a rota em que o veículo circula e, o servidor que recebe os dados provenientes da aplicação móvel.

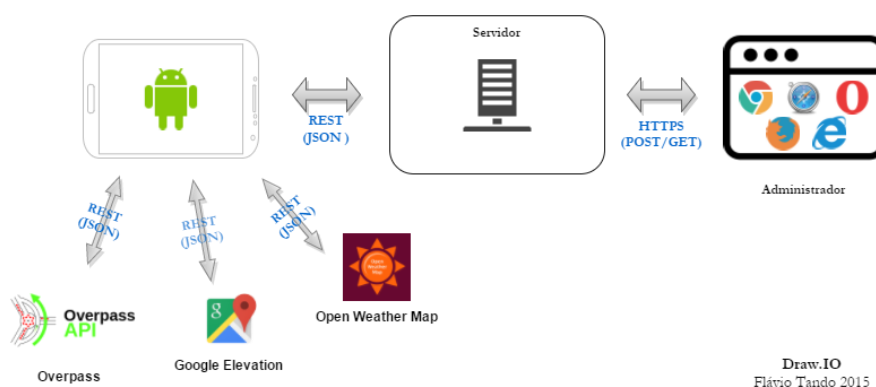


Figura 19. Arquitetura global e escalável do sistema

A aplicação móvel comunica com as *APIs* dos servidores *Overpass* para obter limites de velocidade, *OpenWeatherMap* e/ou *GoogleElevation* para obter a altitude em que se encontra o veículo. O servidor pode ainda correr em servidor escalável *cloud*. No entanto, esta tarefa não será implementada no âmbito da Dissertação, dado que não existe para já os requisitos de escalabilidade.

### 3.3.1. Arquitetura do servidor

O sistema é constituído por dois servidores independentes, o servidor *web* e a plataforma que recebe os dados do cliente móvel.

#### Servidor *web*

A aplicação *web* segue uma arquitetura do tipo Modelo Vistas Controlador (*MVC*) que faz uma separação da parte lógica da aplicação, da sua apresentação (Figura 20). Onde o controlador é responsável pela interação entre cliente - servidor e processamento do modelo que representa os dados. A vista define como a informação é apresentada ao utilizador.

Além de conter a plataforma de administração de contas dos condutores possui também o serviço *web* (*API*) para autenticação e distribuição da rota em que circula cada veículo. Esta comunicação é feita através do protocolo *REST* estabelecida de forma segura, através do protocolo *HTTPS* que é uma versão segura do protocolo *web HTTP*.

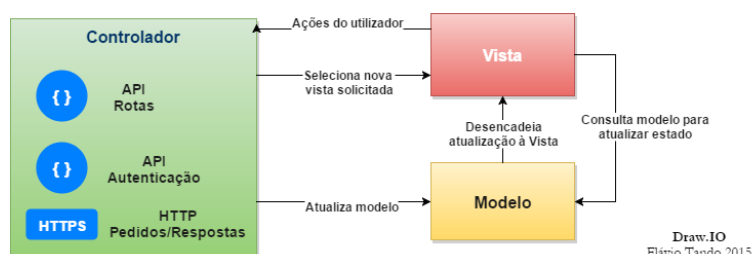


Figura 20. Modelo *MVC* do servidor *web*

#### Servidor escalável para envio de dados *Spring XD*

Este servidor segue o padrão arquitetónico *Pipe-and-filter* que permite a criação de fluxos de dados que podem ser processados como eventos complexos, de alto débito de performance.

Definiu-se o conjunto de fluxos de infrações e classificações dos condutores indicados na Tabela 7. Estas permitem receber e processar os dados em paralelo caso seja necessário.

<b>Classificação</b>	<code>stream create --name driver-classification-stream --definition "http --port=9001 --https=true --sslPropertiesLocation=/secret/ssl.properties   mongodb --databaseName=OptiDriver --collectionName=DriverClassifications" --deploy</code>
<b>Excesso de velocidade</b>	<code>stream create --name driver-ovs-infractions-stream --definition "http --port=9002 --https=true --sslPropertiesLocation=/secret/ssl.properties   mongodb --databaseName=OptiDriver --collectionName=OverspeedInfractions" --deploy</code>
<b>Acelerações</b>	<code>stream create --name driver-acc-infractions-stream --definition "http --port=9004 --https=true --sslPropertiesLocation=/secret/ssl.properties   mongodb --databaseName=OptiDriver --collectionName=AccelerationInfractions" --deploy</code>
<b>Travagens</b>	<code>stream create --name driver-brk-infractions-stream --definition "http --port=9005 --https=true --sslPropertiesLocation=/secret/ssl.properties   mongodb --databaseName=OptiDriver --collectionName=BrakeInfractions" --deploy</code>

Tabela 7. Definição de fluxos de dados para infrações e classificação.

Cada um dos fluxos é constituído pelo tipo de fonte (*Source*) que neste caso do tipo *HTTPS*; o porto onde aguarda pela comunicação; o nome do destino (*Sink*) que neste caso é uma base de dados MongoDB, mas poderia perfeitamente ser um sistema de ficheiros ou nada; e a lista para onde serão armazenados os dados. Deve ser indicado o ficheiro de configuração *HTTPS* que contém o caminho e a *passphrase* para o certificado do tipo *self-signed*.

### 3.3.2. Arquitetura da aplicação móvel

O diagrama de entidade relacionamento da Figura 21 apresenta o modelo de persistência dos dados armazenados na aplicação móvel que são enviados para o servidor Spring XD.

As tabelas classificação e infração têm como identificador único a junção do nome de utilizador do motorista, a matrícula do veículo e o tempo da ocorrência.

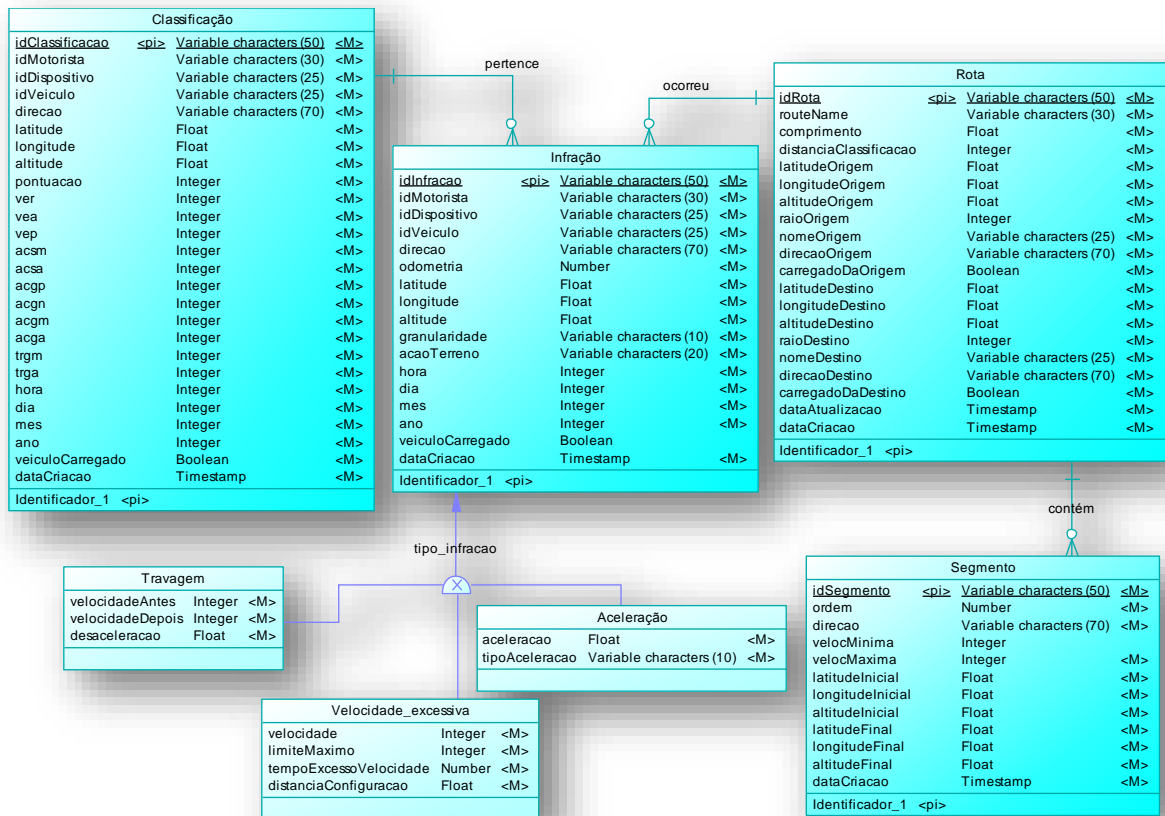


Figura 21. Diagrama de entidade e relacionamento (ER) da aplicação móvel

### 3.3.3. Análise de tecnologias

De um conjunto de tecnologias possíveis no mercado destacam-se aquelas que têm merecido preferência de escolha por parte das grandes organizações tecnológicas. A Figura 22 ilustra de forma abrangente o conjunto de ferramentas possíveis.

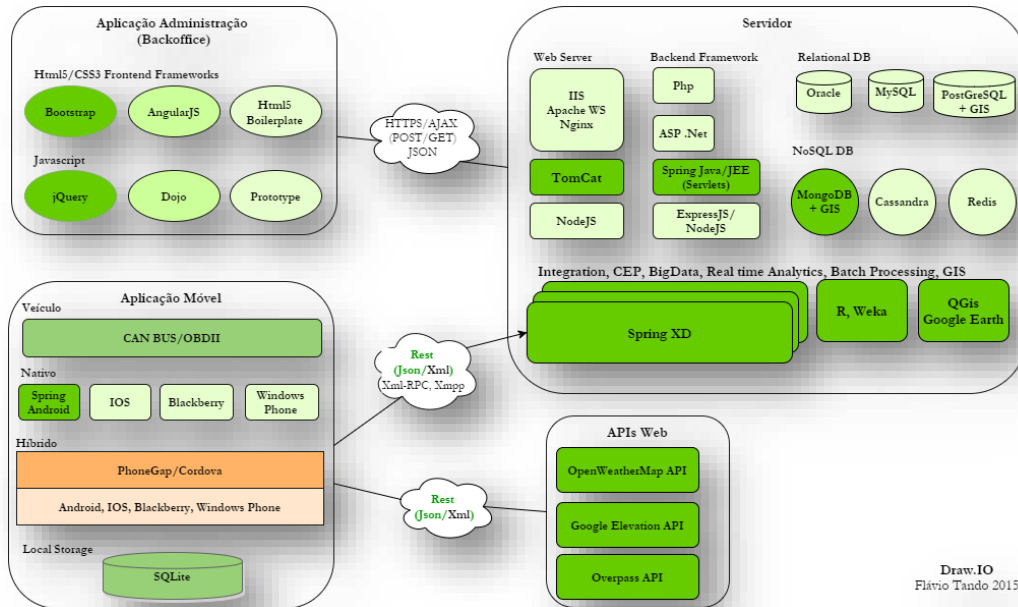


Figura 22. Arquitetura e análise de tecnologias

Destacado a verde estão as tecnologias escolhidas para o desenvolvimento do sistema. De seguida, são apresentados os pressupostos e justificações das escolhas feitas.

#### 1) Plataforma da aplicação móvel

Após escolha do sistema *Android* por este possuir a maior quota de mercado (78%) [18], é necessário escolher o tipo de plataforma, híbrida ou nativa. Uma plataforma nativa faz uso direto do hardware do dispositivo, ao contrário da plataforma híbrida como o Phonegap ou Apache Cordova que são middleware de linguagem Javascript. A plataforma híbrida faz chamadas ao hardware do dispositivo independente do sistema que usa.

A principal vantagem da plataforma híbrida está na independência do sistema alvo, permite a disponibilização da aplicação para múltiplas plataformas como *Android*, *iOS* e *Windows Phone*.

#### 2) Protocolo de comunicação e formato de mensagens

A escolha do protocolo de comunicação foi feita com base na análise e comparação dos protocolos *SOAP* e *REST*. Pelo que, a escolha vai para o protocolo *REST* que tem como principal vantagem a performance, por este possuir menor *footprint* de memória no processamento de dados em formato *JSON*.

É ainda mais eficiente em termos de rede porque corre no topo do protocolo *HTTP*, não acrescenta camadas ou extensões à rede e não guarda estados da conexão por ser *stateless*, logo menor débito (*overhead*).

### 3) Servidor *web* e linguagem de programação

Não existindo uma restrição quanto ao tipo de linguagem de programação usou-se como principal critério de escolha a linguagem de maior flexibilidade e facilidade de integração entre diferentes plataformas. Aquela sobre a qual existe maior domínio para maior produtividade no desenvolvimento, neste caso o *Java EE*, ao invés do *PHP* ou *NodeJS*.

Como servidor *web* foi escolhido o *Tomcat 8* dada a quantidade de documentação existente. Contudo poderia ser usado o *Nginx* que apresenta maior performance em termos de respostas.

### 4) Servidor para envio de dados *Spring XD*

Os principais critérios de escolha para a plataforma que recebe os dados provenientes do cliente móvel são: Única plataforma que unifica todos os requisitos como: tolerância a falhas, alta disponibilidade, processamento massivo de dados (*Big Data*), portabilidade e extensibilidade em tempo de execução, integração de sistemas, análise de dados em tempo real, processamento de eventos complexo (*CEP*) e licença livre.

Como boa alternativa existe o *Mule ESB* que é também uma plataforma de integração de sistemas. No entanto, não tem a mesma flexibilidade e não responde aos requisitos de escalabilidade e alta disponibilidade como o *Spring XD*.

### 5) Sistema de gestão de base de dados

O *MongoDB* que é não-relacional foi a escolha ideal comparado com sistemas de gestão de base de dados relacionais como *MySQL* e *PostgreSQL*. Isto porque possui maior flexibilidade na administração e manutenção – permite armazenamento de documentos de qualquer estrutura e modificação dinâmica do esquema; performance – usa documentos no formato *JSON* e índices geoespaciais, logo menor processamento nas inserções e pesquisas; fácil de escalar – permite escalabilidade horizontal para milhões de servidores ou instâncias, sem adição de componentes.

### 6) Motor de classificação das práticas de condução

Queremos com base num conjunto de variáveis de entrada – infrações praticadas, produzir um resultado – a classificação das práticas de condução, usando um conjunto de regras. Trata-se de um problema de controlo e como tal, recorreu-se ao algoritmo de lógica difusa (*Fuzzy Logic Control*) do tipo Mandani.

Para modelação do motor de classificação foi escolhido a biblioteca *jFuzzyLite* por estar otimizada para plataforma *Android*. No entanto, requer licença de uso para âmbito académico e não comercial [26]. Como alternativa estudou-se ainda a biblioteca *jFuzzyLogic*, no entanto esta não possui a mesma simplicidade de programação orientada ao objeto e otimização de performance.

Ao contrário do uso de métodos convencionais através de **SE/ENTÃO**, este algoritmo permite lidar com ambiguidades, ausência de valores e não restringe as variáveis a valores como tudo ou nada (zero-um ou negativo-positivo).



## 7) Bibliotecas, ambiente de desenvolvimento e testes

São apresentados o conjunto de bibliotecas, ambiente de implementação, implantação, análise e visualização de dados necessários para o desenvolvimento do sistema.

### Aplicação móvel

- *Spring Android* - Extensão do *Spring Framework* que visa simplificar o desenvolvimento de aplicações nativas *Android*. Inclui o protocolo *REST* para clientes *Android* e *APIs* seguras para autenticação.
- *Spring-android-rest-template* - *API* que inclui o *Rest template* que é usado na comunicação e transporte dos dados em formato *JSON*, da aplicação móvel para o servidor.
- *Spring Security* - Dado que a biblioteca *spring-security-crypto* não é neste momento suportada pelo *Android*, para tirar proveito das ferramentas de criptografia do *Spring Security*, usa-se uma classe *Android* específica, a *AndroidEncryptors*. Esta classe usa um mecanismo para gerar chaves seguras *SecureRandom* baseado em *byte arrays*.
- *GZip* - Incluída na *API spring-android-rest-template* necessária para a compressão das respostas do servidor aos pedidos feitos pela aplicação móvel.
- *Jackson 2.x* - *API* necessária para manipulação (*databind*) de documentos *JSON*.
- *JEzyLite* - Biblioteca útil para modelação e inferência do motor de classificação.

### Servidor web

- *Spring MVC - Framework HTTP e servlet* que fornece ganhos na extensão e personalização de aplicações *Web* e serviços *Web RESTful*.
- *jQuery e Ajax* - *API javascript* para interação da página com utilizador.
- *Thymeleaf Template Engine* - Permite a separação da parte lógica da aplicação, da sua apresentação.
- *Spring Security* - Biblioteca de autenticação e controlo de acesso que funciona de forma eficiente em aplicações *Spring*, com apenas algumas linhas de configuração.
- *Spring Data* - Define parâmetros de conexão com a base de dados *NoSQL* como: abertura da conexão; especificação da instrução; preparação e execução da instrução; configuração da estrutura de repetição para percorrer os resultados; elaboração de trabalho para cada iteração; processamento de qualquer exceção; tratamento de transações e fecho da ligação.
- *Jackson 2.x* - *API* necessária para manipulação (*databind*) de documentos *JSON*.
- *JUnit* - Biblioteca útil para escrita de testes unitários tanto de caixa preta como caixa branca.
- *Postman* - Aplicação para testes de serviços *web* baseados no protocolo *REST*.

### Ferramentas de desenvolvimento, testes e implantação

- *Android Studio* - Ambiente de desenvolvimento para criação de aplicações *Android* nativas;
- *MongoDb* - Sistema de gestão de base de dados *NoSQL* que serve para o armazenamento dos dados provenientes da aplicação móvel;
- *Spring XD* - Plataforma de processamento *BigData*, *CEP* e analítica *Batch* ou *Real time*, com capacidades de escalabilidade horizontal, tolerância a falhas e mecanismos de recuperação de falhas;
- *R-Studio e Weka* - Ferramentas de análise *data mining* que permitem a criação de modelos através de algoritmos de inteligência artificial.
- *QGIS e Google Earth* - Sistemas de informação geográfico que é útil para análise e visualização geográfica dos dados;
- *TomCat 8* - Servidor *web* para alojamento da aplicação de administração e serviços.
- *NVD3JS* - Biblioteca *SVG* para visualização de dados que reutiliza os grafos da biblioteca *D3JS*.
- *Remote desktop* - administração remota dos servidores.
- *Keytool* - Ferramenta *java* útil para geração de certificados *self-signed* e *keystores*.
- *Wireshark* - Aplicação usada para os testes de segurança na comunicação entre cliente e servidor.

### 3.3.4. Condutores arquiteturais

Pretende-se analisar os problemas inerentes aos atributos de qualidade, explicar os pressupostos e prós e contras das diversas abordagens ao problema.

#### Custo

Análise breve sobre o custo da solução incluindo custo de serviço com o provedor de internet

RNF-01	Problema ( <i>Breakdown</i> )	Solução
Custo da solução móvel e serviços	Aumento do tráfego causado pelo tamanho das mensagens a enviar.	Redução do tamanho das mensagens a enviar usando compressão <i>GZip</i> (requisito funcional de prioridade <i>COULD</i> ).
	Dispositivo com sensor barómetro pode aumentar o custo da solução.	Cada vez mais os telemóveis incluem sensores barométrico e o custo tem vindo a baixar consideravelmente a cada ano.
	Tráfego máximo de dados a enviar.	No final de cada mês a aplicação reinicia o contador de tráfego enviado.
	Tráfego de dados a receber.	É contada a quantidade de dados que recebe e de seguida atualizado um contador de tráfego de entrada. Este contador é reiniciado a cada mês. Assume-se no entanto que o contrato com o provedor de serviço de internet é feito no princípio do mês.

#### Confiabilidade

Pretende-se com a confiabilidade garantir o bom funcionamento da aplicação móvel mesmo sob condições adversas como falta de conectividade com o servidor ou ausência de sinal *GPS*.

RNF_02	Problema ( <i>Breakdown</i> )	Solução
Módulo localização	<b>Falta do módulo de localização causado por falha do sinal <i>GPS</i> ou <i>A-GPS</i></b> Deixamos de ter o requisito funcional iniciar e terminar viagem automático. Não é detetado a velocidade e sentido da viagem para conhecer se segue carregado.	Caso não haja sinal <i>GPS</i> , a aplicação solicita a localização através da internet, usando o <i>GPS</i> assistido ( <i>A-GPS</i> ). Na ausência do <i>GPS</i> e <i>A-GPS</i> deixamos de ter o módulo de localização e não é possível conhecer se o veículo vai a subir ou a descer. Contudo, a aplicação continua a classificar considerando infrações a partir do acelerómetro.
Conetividade, tolerância e recuperação de falhas	<b>Falta de conectividade com o servidor <i>web</i> (<i>API</i> de autenticação)</b> Não há autenticação com o servidor <i>web</i> .	A autenticação deve ser feita localmente, utilizando por exemplo impressões digitais ou cartão do motorista incluindo código de barras. No entanto esta funcionalidade é uma recomendação futura e tem prioridade <i>Won't</i> .
	<b>Falta de conectividade com o servidor <i>web</i> (<i>API</i> de rotas)</b> Não há rota, nem segmentos com limites de velocidade. Não é possível terminar viagem automático por não conhecer o destino.	Não havendo informações sobre a rota em que circula o veículo é usado a <i>API Overpass</i> para obter limites máximos de velocidade onde circula o veículo. Contudo, o motorista pode iniciar ou terminar corrida de forma manual.
	<b>Falta de conectividade com a <i>API Google Elevation</i></b> Não deteta se o veículo vai a subir ou descer.	A melhor abordagem passa por obter a altitude através do sensor barómetro que mede a pressão atmosférica do ar onde se encontra o dispositivo e compara com a pressão atmosférica ao nível do mar (obtido com a <i>API Openweather</i> ).
	<b>Falta de conectividade com a <i>API Overpass</i></b> Não se conhece os limites de velocidades.	A informação sobre os limites de velocidade máxima encontram-se armazenadas no servidor. Estes segmentos são carregados pela aplicação móvel em memória.
	<b>Falta de conectividade com o servidor escalável <i>Spring XD</i></b> A aplicação móvel não envia dados.	Caso o servidor escalável <i>Spring XD</i> que recebe os dados esteja em baixo, a aplicação passa a armazenar as infrações e classificações na base de dados local do dispositivo ( <i>SqlLite</i> ) para posterior envio. Este armazenamento é feito em modo <i>FIFO</i> caso seja atingido o limite máximo permitido, definido pelo utilizador (250 <i>MBytes</i> por definição). Contudo a aplicação inicia a tarefa <i>Keep Alive</i> que tenta a conectividade a cada 30 segundos caso o servidor permaneça em baixo. Tão logo haja conectividade, envia os dados armazenados.

RNF_02	Problema ( <i>Breakdown</i> )	Solução
Odometrias	Caso ocorra uma falha bizantina antes de atingir a distância de classificação 1 Km ou ao chegar ao destino pode não ser feita a classificação.	Guardar identificador de classificação na base de dados, em tabela de não classificados e classificar na próxima tentativa de envio de dados para o servidor. Solução que está para implementação futura.
	<b>Início de viagem ao meio do percurso</b> O condutor pode ter iniciado a viagem ao meio de uma corrida ao invés de iniciar dentro do perímetro de onde sai.	É detetado de forma automática o sentido em que o veículo segue viagem, para saber se vai carregado ou não.
API's e Limites de chamadas	<b>API Google Elevation</b> Conhecer a altitude do veículo. Máximo de 5 pedidos por segundo e 2.500 por 24 horas.	Apenas é feita chamada ao servidor caso ocorra uma infração. Assumimos que cada motorista não pratica mais do que uma infração por segundo. Contudo, a melhor abordagem para conhecer a altitude do veículo é através do sensor barómetro, que mede a pressão atmosférica do ar.
	<b>API Overpass</b> Conhecer o limite máximo de velocidade. Menos de 5 pedidos por minuto e 10.000 por dia.	A aplicação solicita o limite máximo de velocidade do local caso não possua esta informação em <i>Cache</i> . A melhor abordagem passa pelo uso de <i>cache</i> para os limites já obtidos (Recomendação futura). Estes dados devem ficar disponíveis no servidor, para serem partilhados com outros veículos.
	<b>API OpenWeatherMap</b> Conhecer a altitude do veículo. Máximo de 20 pedidos por segundo.	Caso o dispositivo móvel tenha o sensor barómetro, a aplicação calcula a altitude a partir da pressão atmosférica do ar, em relação ao nível do mar. É feita uma única chamada apenas ao iniciar a aplicação e após percorrer 16 Km.

### Escalabilidade (RNF\_03) e Alta disponibilidade (RNF\_04)

Caso venha a surgir a necessidade de escalar o sistema, tal pode ser feito usando servidores redundantes para escalabilidade horizontal.

O servidor *Spring XD* permite armazenar os dados como operação de carregamento de dados massivos (*Bulk loading*). Para a escalabilidade é preciso correr o servidor em modo distribuído e indicar na configuração do servidor líder, o endereço dos servidores secundários. O *Spring XD* utiliza o *Rabbit MQ* como *message broker* que funciona como uma fila de mensagens, de forma a atenuar e dar a vazão ao alto débito no processamento de volumes massivos de dados provenientes dos clientes.

A disponibilidade de um serviço implica a garantia de que este responde à solicitações que são feitas sobre este. A métrica *nines of availability* serve precisamente para indicar a disponibilidade de um serviço ao longo de um período de tempo (e.g. 7 nines → 99.99999% e corresponde a um período de 3.15 segundos por 1 ano que o serviço fica em baixo. Já 1 nine → 90% correspondentes à 36.5 dias por ano).

Para este projeto, a disponibilidade ao nível físico das máquinas é garantida pelo *Helpdesk* que mantém os servidores do departamento *DEI*, 24/7 (24 horas por dia e 7 dias por semana).

A arquitetura suporta ainda alta disponibilidade através do servidor *Spring XD*, que permite a configuração de servidores redundantes. Em caso de falha, a plataforma *Spring XD* faz o controlo do servidor que está em falha e substitui por outro. Se o servidor líder for abaixo, então outro servidor irá assumir o papel de líder.

## Performance

RNF_05	Problema ( <i>Breakdown</i> )	Solução
Performance	Tempo de resposta do servidor escalável <i>Spring XD</i> .	O servidor responde em menos de 1 segundo, no entanto existe o problema da latência da rede que pode levar mais tempo a responder. A aplicação móvel tem os dados armazenados e só os remove localmente, caso receba a resposta 200 OK.
	Tempo máximo para notificação de infração e classificação	A aplicação atualiza a localização a cada 1 segundo e, cada infração é despachada para uma <i>pool de threads</i> responsável pelo processamento.
	<b>Extração de infrações de velocidade excessiva.</b> 1 Segundo para verificação se o veículo vai em excesso de velocidade.	Faz-se uma verificação primeiro no segmento corrente e, se estiver fora deste, procura-se em toda a lista de segmentos (sentido em que segue). Se não encontrar, usa <i>API Overpass</i> , onde o tempo de resposta depende da latência da rede.
	<b>Latência da rede na comunicação com a <i>API Google Elevation</i></b> Cálculo da elevação para conhecer se o veículo segue a subir ou a descer.	Apenas é calculado a altitude quando ocorre uma infração. A <i>API Google Elevation</i> responde em tempo útil, menos de 1 segundo. Há no entanto o problema da latência da rede que pode levar mais tempo a responder. Contudo, a notificação é mostrada ao motorista logo que a infração ocorre. A melhor solução passa pelo cálculo da altitude através da pressão atmosférica, usando o sensor barómetro. Este responde em tempo instantâneo e não requer conectividade contínua com a rede.

## Segurança (RNF\_06)

Focou-se aspetos fundamentais como a confidencialidade e integridade dos dados enviados pela rede e armazenados no servidor.

### Confidencialidade

Os utilizadores da aplicação ao autenticarem-se têm as suas credenciais suscetíveis de ataques *Man in the middle* por quem tem acesso a rede de comunicação. Este tipo de ataques é possível usando métodos como cópia de pacotes enviados pela rede e examinar as credenciais caso estas não estejam devidamente encriptadas. Tendo em conta que o protocolo de comunicação é *REST*, este corre sobre o protocolo *HTTP* e, permite assegurar a confidencialidade através da encriptação dos dados usando o protocolo *HTTPS*. O protocolo utiliza o algoritmo de cifras assimétricas *RSA*, baseados em chaves públicas e privadas.

Para configuração do protocolo *HTTPS* foi preciso gerar o certificado de autenticidade *self-signed* que permite identificar a credibilidade do servidor e garantir comunicação segura entre aplicação móvel – servidor. Para configuração foi usado a ferramenta *Keytool* disponível na plataforma *Java EE*, que permite gerar o certificado e respetiva *password*. De seguida, o certificado é disponibilizado para os servidores *web* e *Spring XD*. A aplicação móvel valida com o servidor a cadeia de certificados.

Não bastando apenas encriptar as mensagens é fundamental garantir que estas são vistas apenas por quem tem devida autorização. Esta proteção é feita através da etiqueta *Basic auth* com 64 bits, contida no cabeçalho do protocolo *HTTP*. No entanto, a melhor solução passa pelo uso de *token* gerados por servidores de autenticação como o *Kerberos* ou serviços de diretoria *LDAP* (implementação futura).

### Integridade

As credenciais dos utilizadores como *palavra-chave* contém no mínimo 8 - 25 caracteres alfanuméricos e são encriptadas no servidor usando função de *hashing BCrypt* com 256 bits. Uma vez encriptada não é possível recuperar a palavra que deu origem a cifra. Ao contrário de funções de *hashing* como o *MD5* ou o *SHA256*, o *BCrypt* permite a geração de *salts* automáticos.

Além da validação dos dados inseridos nos formulários da aplicação móvel e servidor *web* é também feito no servidor *web* o controlo de acesso usando:

- **Controle de acesso** - Este módulo contém filtros e toda uma infraestrutura de segurança *web* necessária para a autenticação do administrador e controle de acesso baseados na função do utilizador (RBAC), através do URL.
- **Sessões expiradas** - Detetar a submissão de uma sessão que contém um *ID* inválido e redirecionar o utilizador para uma página apropriada.
- **Sessões duplicadas** – Limitar o número máximo de sessões concorrentes permitido a um administrador.
- **Ataques de fixação de sessão** - É possível para um invasor criar uma sessão acedendo ao *site* e persuadir outro utilizador a fazer *login* com a mesma sessão. O módulo *Spring Security* assegura a proteção contra estes ataques automaticamente, através da criação de uma nova sessão quando um utilizador faz *login*.

Para trabalho futuro fica a prevenção contra ataques *Denial of Service (DoS)* usando técnicas como *DoS Hardening*, onde limita-se o número de chamadas permitidos por cada endereço *IP* que solicite acesso aos servidores, seguido de bloqueio caso ultrapasse máximo permitido.

### Usabilidade (RNF\_07)

Pretende-se dar ao utilizador da aplicação móvel uma melhor experiência de utilização, com foco nos elementos de usabilidade como interação, visibilidade – o que é relevante deve estar visível; afordances – os elementos devem sinalizar para que servem; resposta – uma resposta imediata ao toque; mapeamento – que permite ao utilizador compreender o que pode fazer com a aplicação.

A condução é uma tarefa estressante quando praticado durante horas em circuito repetido. Para tornar simples e evitar a distração do condutor procurou-se evitar o número de interações através de funcionalidades como iniciar e terminar corrida de forma automática.

A interface é coerente com outras aplicações da plataforma *Android*. Os botões das principais funcionalidades têm grande destaque e a navegação é fácil cumprindo assim os princípios de usabilidade acima descritos e definidos por Donald Norman (1988).

A aplicação deve funcionar em modo persistente *HMI (Human Machine Interface)*, onde o *smartphone* permanece ligado com o ecrã inteiro e iluminação persistente. O primeiro contato com a aplicação deve demorar no máximo 3 minutos. Para o utilizador já familiarizado deve poder alterar as definições da aplicação em menos de 1 min.

### Aplicação *web* de administração

A aplicação de administração deve ser *cross browser*, capaz de ser processada com o mesmo aspeto nos vários tipos de navegadores existentes como o *Google Chrome*, *Firefox*, *Opera*, *Safari* e *Internet Explorer*. Nesta aplicação a interface é essencialmente a página para gestão dos motoristas e o primeiro contato com a página *web* deve demorar no máximo 3 minutos e aceder à página principal deve demorar 1 minuto no máximo.

## Capítulo 4

### Plano de Trabalho e Implicações

Neste capítulo é apresentado o plano de trabalho seguido para as fases de engenharia de *software* como requisitos, arquitetura, desenvolvimento, testes e gestão do projeto.

#### 4.1. Metodologia de desenvolvimento *Waterfall*

O plano foi feito segundo a metodologia de desenvolvimento de *software Waterfall*. Tendo em conta que não houve a necessidade de entregas de versões rápidas e iterativas evitou-se o método *Agile*, embora apresente vantagens quanto a flexibilidade de mudanças em relação aos requisitos e menor impacto no custo causado por alterações [21][22].

O *Scrum* requer maior experiência e conhecimento da atividade inerente ao projeto, pois é difícil para o gestor planear, organizar ou estruturar um projeto que esteja claramente definido. Não tendo experiência no ramo de transportes de logística evitou-se esta metodologia. Além disso, as reuniões, contatos e revisões frequentes acrescentam um maior custo de deslocação por se tratar de cidades diferentes como Taveiro, Figueira da Foz e Carregado (Lisboa).

Um dos maiores problemas da metodologia *Waterfall* está no aumento considerado do custo de desenvolvimento do produto causado por redesenhar, voltar a desenvolver e voltar a testar caso os clientes solicitem alterações. É importante salientar que estes normalmente não têm muita certeza do que querem do produto final. Tal não foi o caso por se tratar de uma empresa com bastante experiência no ramo.

O *Waterfall* é constituído essencialmente por 5 fases rígidas como análise de requisitos, desenho da arquitetura do sistema, implementação do *software*, testes e manutenção ou operações [21][22]. Basicamente, não foi seguido de forma rígida e completa o método *Waterfall*, porque os tempos demasiado fixos para as fases do projeto podem prejudicar a qualidade do produto final.

## 4.2. Plano de trabalho

O plano de trabalho correspondente ao 1º e 2º semestre encontram-se definidos segundo diagramas de *Gantt* (Anexo I – Plano de trabalho). Os diagramas correspondem a versão final do plano de trabalho e a estes foram feitas ligeiras alterações, em função dos requisitos e necessidades ao longo do desenvolvimento do projeto.

Para maior controlo de produtividade e andamento do projeto foram utilizados as plataformas *Trello* para gestão das tarefas e projeto, assim como o *Toggl* para controlo do tempo gasto em cada atividade. As reuniões quinzenais com o Orientador do Departamento estão presentes nos relatórios 5/15 (Anexo F – Relatórios 5/15).

O gráfico da Figura 23 ilustra a principais tarefas e a percentagem de tempo gasto por área como reuniões, que por sua vez levaram imenso tempo por estas se realizarem em cidades diferentes como Lisboa – Carregado, Taveiro e Figueira da Foz.

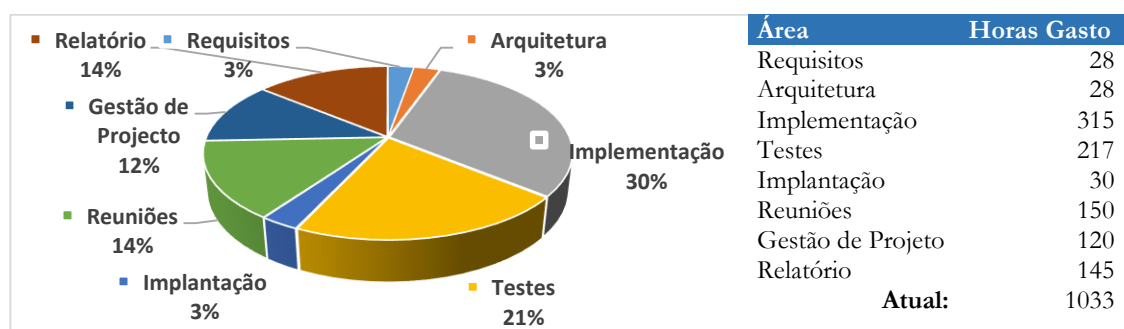


Figura 23. Mapa de produtividade por área de engenharia

Os resultados mostram que a maior parte do tempo foi gasto em tarefas como implementação, seguido dos testes. Tal deve-se a quantidade de tempo necessária para garantir que a aplicação protótipo ficasse preparada, para os testes de consumo que eram de grande relevância.

### 4.3. Testes de aceitação e usabilidade

Os testes de aceitação são de sistema e tipo caixa preta, onde são testados as partes como um todo. Em anexo G – Bateria de testes de aceitação, são apresentados os testes realizados aos requisitos funcionais, não funcionais e casos de uso de prioridade *MUST*, bem como alguns de prioridade *COULD*.

#### Testes de aceitação

Os testes correspondem aos requisitos funcionais, casos de uso e atributos de qualidade como confiabilidade, desempenho e segurança. A escalabilidade e disponibilidade do sistema não foram testadas. No entanto, a arquitetura suporta estes requisitos se necessário e os procedimentos para execução são indicados no documento de arquitetura, subsecção (3.3.4).

Os testes foram realizados no percurso Celbi – Cais comercial da Figueira da Foz, com 3 motoristas aleatórios.

Teve como objetivo principal:

- Fazer viagens com os motoristas para testar as funcionalidades da aplicação móvel;
- Testar requisitos funcionais de prioridade *MUST* e *COULD* implementados e respetivos atributos de qualidade;
- Testar casos de uso.

Dos testes realizados foram tomadas as principais decisões:

- A aplicação não inicia viagem automaticamente ao sair de uma estação;
- Ajustar limiar definido na extração de acelerações e desacelerações moderadas e agressivas;
- Os valores da aceleração total lidos pelo acelerómetro são detetados com demasiada frequência e alterou-se para a aceleração no sistema de coordenadas do dispositivo, segundo o eixo Z.

#### Testes de usabilidade

Para os testes de usabilidade foi apresentado uma breve visão geral do projeto e solicitado a cada um dos 8 motoristas que explorasse a aplicação durante 8 minutos, seguido de avaliação em formulário de 7 minutos (Anexo H – Testes de usabilidade). Os testes foram efetuados na Celbi sem que houvesse interrupção no funcionamento normal das operações.

Ações executadas:

- Visão geral do problema e solução da proposta;
- Exploração da aplicação por parte dos utilizadores;
- Acompanhamento do manuseamento feito pelos utilizadores;
- Anotação dos problemas e recomendações durante avaliação da aplicação.

Os resultados desta avaliação foram positivos e obteve-se a classificação média Muito Bom, 4 numa escala de 1 à 5 (1-Fraco e 5-Excelente). Permitiu identificar a necessidade de um botão para sair do ecrã de atividades. Houve ainda apreciação sobre a redução de interações com a aplicação, através de funcionalidades como iniciar e terminar corrida automática.



#### 4.4. Gestão de riscos

Este documento tem como objetivo controlar os riscos que podem ocorrer ao longo das diversas etapas de elaboração do projeto. Trata-se de um documento de grande importância, pois através deste, consegue-se estar a par de eventos e acontecimentos que podem vir a colocar o projeto sob riscos diversos e inesperados.

Os riscos são classificados segundo o tipo que representa, se este depende direta ou indiretamente do autor e se é um recurso ou não; o impacto do risco no projeto caso venha a ocorrer (0-baixo e 5-alto); a probabilidade do risco ocorrer, a magnitude que representa o produto entre a probabilidade de ocorrência e o impacto do risco no projeto (0-baixo e 5-elevado). Desta forma, a magnitude permite identificar quais os riscos mais críticos.

A Tabela 8 apresenta cada um dos riscos identificados e o respetivo plano de mitigação.

ID	Data Identificação	Título	Descrição	Tipo	Impacto	Probabilidade	Magnitude	Estratégia de Mitigação
1.	23/01/2015	Carga de trabalho de outras cadeiras no 2º Semestre	Está previsto no 2º semestre realizar mais 2 cadeiras além do estágio/dissertação. A carga de trabalho destas pode afetar o tempo de desempenho na fase de implementação do projeto.	Recurso	4	85%	3,4	Trabalhar em grupo para as cadeiras em causa e definir calendário de trabalho pro-estágio dando prioridade as fases de implementação e testes.
2.	15/10/2014	Identificação da empresa para colaboração	Não conseguir colaboração de empresas frotas de veículos para recolha de dados, criação e validação de requisitos, testes e avaliação da solução protótipo pode colocar em causa a fidelidade e validade do projeto.	Direto	5	70%	3,5	Contactar diversas empresas de frotas que possam colaborar nas diversas fases do projeto: Validação dos requisitos, recolha de dados e testes.
3.	15/10/2014	Contato com potenciais colaboradores SMTUC, Rede Expressos e Transdev	Não conseguir reunir com as empresas até <b>27/01/2015</b> pode atrasar a análise de requisitos.	Indireto	4	65%	2,6	Contactar empresas via email, telefone ou pessoalmente. Se não for bem sucedido contactar Câmara Municipal de Coimbra ou frotas de veículos alternativas em Lisboa, Porto e outras regiões.
4.	15/10/2014	Entrevista com potencial colaborador SMTUC - Coimbra	Não conseguir reunir com o potencial colaborador até <b>27/01/2015</b> pode atrasar a análise de requisitos, visto ser de grande importância validar junto de empresa real e fechar os mesmos.	Indireto	4	65%	2,6	Contactar empresa via email, telefone ou pessoalmente. Se não for bem sucedido contactar empresas alternativas a nível nacional.
5.	01/02/2015	Reunião com empresa colaboradora Luís Simões - Carregado	Esta reunião é de capital importância visto que deverão ser validados os requisitos e deve ser solicitado a disponibilização de pelo menos 3 veículos e motoristas para recolha de dados e testes da solução protótipo.	Recurso	4	60%	2,4	Apresentar o projeto e validar os requisitos. Solicitar contactos de empresas frotas de veículos na zona centro até <b>03-03 2015</b> , caso não seja possível a disponibilização de veículos e motoristas.
6.	02/02/2015	Reunião com empresa colaboradora Luís Simões na - Taveiro	Dever ser apresentado o projeto à colaboradora de Taveiro e combinar datas para formação dos motoristas, recolha dos dados e visita as instalações.	Recurso	4	65%	2,6	Contacto via email ou telefone até dia 10/02/2015.

ID	Data Identificação	Título	Descrição	Tipo	Impacto	Probabilidade	Magnitude	Estratégia de Mitigação
7.	25/11 /2014	Preparação dos servidores	Deve ser solicitado 3 servidores (máquinas virtuais) ao departamento para implantação das plataformas de administração e Servidor até dia <b>06-02-2015</b> .	Recurso	3	10%	0,3	Solicitar servidores ao departamento ou utilizar servidores <i>cloud computing</i> grátis como o <i>Openshift</i> ou <i>Cloudfoundry</i> disponíveis na <i>web</i> .
8.	05/12 /2014	<i>Smartphones</i> para recolha de dados	Não conseguir o dispositivo para recolha de dados até 06/03/2015 pode atrasar o processo de implementação e teste.	Recurso	4	65%	2,6	Contactar a Universidade para disponibilizar <i>smartphones</i> que serão usados na recolha de dados, implementação e testes. Caso tal não aconteça, deverá ser utilizado equipamento pessoal.
9.	02/03 /2015	Assinatura do contrato de colaboração	Não obter o acordo de colaboração pode colocar em causa o arranque do projeto.	Indireto	5	30%	1,5	O projeto é de grande interesse da empresa colaboradora. No entanto deve ser mostrado flexibilidade nas exigências da empresa, de forma a garantir o contrato de colaboração.
10.	16/02 /2015	Formação dos motoristas e entrega dos <i>smartphones</i>	É preciso garantir que os <i>smartphones</i> sejam bem cuidados, que os dados serão recolhidos devidamente e que os dispositivos serão entregues no final da fase de recolha (final de março).	Direto	2	25%	0,5	Os motoristas assim como a gestora responsável deverão assinar um documento de receção dos dispositivos, garantindo neste a entrega em bom estado após a fase de recolha de dados.
11.	10/10 /2014	Recolha de dados para o trabalho	Não conseguir obter os dados com as métricas de consumo de combustível até <b>04-02/2015</b> pode atrasar a fase de desenvolvimento visto ser de grande importância.	Indireto	5	75%	3,7	Optar pela abordagem de classificação das práticas de condução do motorista, usando apenas dados dos <i>smartphone</i> e solicitar registos de consumos diários, semanais ou mensais. Alterar a prioridade dos requisitos relativos à velocidade ótima e monitorização idling para <i>Won't</i> .
12.	05/01 /2015	Doenças e incapacidades	Ficar doente ou incapacitado nas fases de implementação do projeto pode atrasar as fases seguintes como testes e escrita final da tese.	Direto	3	50%	1,5	Atrasar a entrega final da tese para Setembro.
13.	25/01 /2015	<i>Smartphones</i> para testes da solução protótipo	É fundamental ter os os <i>smartphones</i> (Android) para que se possa efetuar todos os testes necessários à aplicação protótipo desenvolvida.	Indireto	3	50%	1,5	Solicitar a empresa, Universidade ou utilizar <i>smartphones</i> pessoais até 7/10/2015.
14.	05/07 /2015	Recursos para testes de consumo	Não obter os recursos como suportes de <i>smartphones</i> para veículos irá dificultar a tarefa do condutor e colocar em causa o bom funcionamento dos testes.	Direto	3	40%	1,2	Solicitar a empresa para aquisição dos recursos. Caso não seja possível adquirir pessoalmente.
15.	01/02 /2015	Internet para exportação de dados recolhidos	A falta de internet WiFi para exportação de dados pode comprometer o envio de dados para posterior análise, uma vez que pretende-se fazer acompanhamento diário.	Indireto	4	60%	2,4	Adquirir 3 cartões SIM, com pelo menos 500 MBytes cada para o período de recolha de dados definido (2 semanas)
16.	06/05 /2015	Acrescentar infrações de acelerações laterais	A implementação desta funcionalidade no requisito funcional classificação das práticas de condução do condutor poderá atrasar a finalização da fase de implementação	Direto	2	50%	1	Implementar se o tempo permitir Esta funcionalidade é considerada de baixa prioridade <i>COULD</i> , ou seja só será implementada se o tempo assim o permitir.

Tabela 8. Lista de riscos identificados

#### 4.5. Limiar de sucesso (ToS)

Pretende-se com o limiar de sucesso definir o conjunto de condições que deverão ser alcançados para garantir o sucesso do projeto.

De seguida são apresentados alguns indicadores que irão definir se o projeto está a ser desenvolvido de acordo com os objetivos estabelecidos, e se será concluído com sucesso. O não cumprimento destes pode levar à rutura integral ou parcial do projeto.

- ✓ A estratégia de trabalho só poderá ser alterada a meio do desenvolvimento do projeto caso tal se justifique, pois esta deve ser bem analisada e definida desde o início;
- ✓ Deve ser elaborada uma análise de requisitos forte, responsável e consistente, unânime entre o analista e a empresa, até meados do mês de Fevereiro de 2014;
- ✓ Caso não seja possível a recolha da taxa de consumo do veículo necessário para aprendizagem e previsão da velocidade ótima e monitorização de estados *Idle*, deve-se optar pela classificação das práticas de condução do motorista, uma abordagem de correção.
- ✓ Se conseguir implementar a classificação das práticas de condução do motorista então o objetivo será cumprido.
- ✓ A arquitetura do sistema deve estar totalmente de acordo com a análise efetuada anteriormente e deve ser bem pensada e estruturada antes de qualquer implementação do sistema. Esta mesma arquitetura só deverá sofrer alterações ao longo do tempo de implementação do sistema caso tal se justifique;
- ✓ Reunir pelo menos duas vezes por mês com os colaboradores e motoristas da empresa, pois o seu acompanhamento é fulcral para o desenvolvimento do projeto;
- ✓ Deve ser preparado uma formação dos motoristas para uso do dispositivo, aplicação de recolha de dados e protótipo funcional da aplicação móvel;
- ✓ Apresentação e avaliação dos resultados experimentais à empresa para validação dos mesmos.
- ✓ Se os resultados não apresentarem melhorias no consumo de combustível, então tal poderá estar relacionado com a quantidade de infrações praticado pelos motoristas. Contudo, deverá ser feita análise às infrações e classificações obtidas.

## Capítulo 5 Desenvolvimento

Neste capítulo são apresentadas as abordagens tidas na implementação e validação do sistema, bem como os resultados experimentais obtidos.

### 5.1. Recolha de dados e preparação

Para desenvolver o motor de classificação de lógica difusa foi preciso recolher os dados da localização *GPS* do veículo (latitude, longitude e altitude), aceleração do sensor acelerómetro ( $m/s^2$ ); campo magnético ambiente nos 3 eixos x, y e z ( $\mu T$ ) usando o sensor magnetómetro; pressão atmosférica ambiente do ar (*hPa*) usando o sensor barómetro, bem como o tempo de recolha.

O processo de recolha de dados foi feito no percurso de 16 Km entre o Cais comercial da Figueira da Foz e a fábrica Celbi como ilustra a Figura 24.



Figura 24. Mapa do percurso entre o Cais da Figueira da Foz e a Celbi

Começou-se por atribuir os *smartphones* a cada um dos 3 condutores com melhor, regular e pior médias de consumo mensal. A seguir, foi feita uma formação acompanhada de tutorial simples e prático sobre uso da aplicação *SenseMyCity* [27] para recolha dos dados (Anexo D – Formação dos motoristas).

O motorista tinha apenas que iniciar a recolha ao começar a corrida, terminar e exportar os dados ao chegar no destino (Cais – Celbi ou Celbi – Cais). Os dados foram enviados para o servidor *Cloud Future Cities* que contém a plataforma para exportação.

#### Preparação dos dados recolhidos

Para a preparação dos dados foram considerados os seguintes requisitos:

1. São descartados infrações de velocidade excessiva derivadas de velocidade igual ou superior à 216 Km/h (equivalente à 60 m em 1 segundo  $\rightarrow$  216 Km/h).
2. Para obter altitude real da localização do veículo foi usado o servidor *Google Elevation* que retorna a elevação real do terreno, embora esta *API* possua imprecisões por falta de atualização do terreno.
3. Os rastros de localização *GPS* geram nuvem de pontos denominados *clustering* e são filtrados, de acordo com a distância entre os últimos 4 pontos e o tempo de recolha que deve ser superior ao tempo de recolha 1 segundo.

## 5.2. Classificação do comportamento do condutor

A classificação visa avaliar o comportamento do condutor em termos da sua agressividade, se este pratica infrações como velocidades excessivas, acelerações e desacelerações moderadas ou bruscas prejudiciais para do consumo.

São considerados os fatores que influenciam no consumo como a configuração da rota que definem se o veículo vai a subir ou a descer e a carga adicional definida a partir do sentido em que segue viagem (Celbi – Cais da Figueira da Foz → Carregado).

A classificação do comportamento foi feita usando o motor de lógica difusa que consiste em 3 etapas: fuzificação de entrada, avaliação das regras de inferência, defuzificação da saída e pontuação [24]. Este algoritmo permite lidar com ambiguidades, ausência de valores e não restringe as variáveis a valores como tudo ou nada (zero-um ou negativo-positivo).

### 5.2.1. Características para o modelo de classificação

A Tabela 9 apresenta as características e métricas necessárias para definir o tipo de infrações usados no cálculo da classificação.

Caraterística	Variável	Descrição
Velocidade excessiva	$VE_R$	Tempo relativo que incorre em excesso de velocidade por cada 1 Km. $(VE_A \times 100) / \sum_{i=0}^N \text{Tempo em VE}$ (%)
	$VE_A$	Tempo médio que incorre em excesso de velocidade por cada 1 Km.
	$VE_P$	Tempo máximo que incorre em excesso de velocidade por cada 1 Km (O valor máximo de todos os eventos em velocidade excessiva).
Aceleração do sensor acelerómetro	$ACS_M$	Número moderado de eventos de aceleração por cada 1 Km ( $a > 1.9 \text{ m/s}^2$ ).
	$ACS_A$	Número agressivo de eventos de aceleração por cada 1 Km ( $a > 3.3 \text{ m/s}^2$ )
Aceleração GPS	$ACG_P$	Útil para conhecer a amplitude máxima positiva da aceleração longitudinal.
	$ACG_N$	Útil para conhecer a amplitude máxima negativa da aceleração longitudinal.
	$ACG_M$	Número de eventos moderado de aceleração GPS maior $1.5 \text{ m/s}^2$ , por cada 1 Km ou valor definido na rota.
	$ACG_A$	Número de eventos agressivo de aceleração GPS maior $2.8 \text{ m/s}^2$ , por cada 1 Km ou valor definido na rota
Travagens	$TRG_M$	Número de eventos moderado de travagens GPS menor que $-1.5 \text{ m/s}^2$ , por cada 1 Km ou valor definido na rota.
	$TRG_A$	Número de eventos agressivo de travagens GPS menor que $-2.8 \text{ m/s}^2$ , por cada 1 Km ou valor definido na rota.
Ação e configuração da rota	Aprox. à subida	<b>Aproximação do veículo a uma subida ou descida.</b> Se vai em excesso de velocidade $150 \text{ m}$ antes de uma subida, reduzimos o tempo em velocidade excessiva no intervalo de $150 \text{ m}$ antes da configuração.
	Subir	Ação do motorista dentro de uma configuração da rota como subida. Se estiver a subir carregado ou não e acelerar agressivo esta passa a ser considerada de granularidade moderada.
	Descer	Ação do motorista dentro de uma configuração da rota como descida. $ACS_M$ → Granularidade da infração agressivo. $ACS_A$ → Granularidade da infração agressivo. $TRG_M$ e segue carregado → Granularidade da infração agressivo. $TRG_A$ e segue carregado ou não → Granularidade da infração agressivo.

Tabela 9. Características para o motor de classificação

### 5.2.2. Regras de inferências e classificação

Na primeira etapa, as variáveis de entrada definidas na Tabela 9 são transformadas em conjuntos difusos através das funções de grau de participação triangular e trapezoidal como. A forma triangular é mais fácil de implementar e possui menor custo computacional [23].

Para inferência, é usado o conjunto de regras definidos na Tabela 10 que permitem disparar a variável de saída como normal, moderado ou agressivo. A avaliação das regras é feita usando como função de conjunção e activação (*T-Norm*) o mínimo e para disjunção e acumulação (*S-Norm*) o máximo [24].

Na avaliação das regras pelo motor de classificação são usados 3 termos linguísticos correspondentes a  $B \rightarrow$  Baixo,  $M \rightarrow$  Médio e  $A \rightarrow$  Alto que permitem verificar se o grau de participação da variável de entrada é baixo, médio ou alto.

Nº	SE	ENTÃO
1.	$VE_R = B \text{ OR } VE_A = B \text{ OR } VE_P = B$	NORMAL
2.	$VE_R = M \text{ OR } VE_A = M \text{ OR } VE_P = M$	MODERADO
3.	$VE_R = A \text{ OR } VE_A = A \text{ OR } VE_P = A$	AGRESSIVO
4.	$(ACS_M = B \text{ OR } ACS_M = M) \text{ AND } ACS_A = B$	NORMAL
5.	$(ACS_M = M \text{ OR } ACS_M = A) \text{ AND } ACS_A = B$	MODERADO
6.	$(ACS_A = M \text{ OR } ACS_A = A) \text{ AND } ACS_M = A$	AGRESSIVO
7.	$(ACS_A = M \text{ OR } ACS_A = A) \text{ AND } ACS_M = B$	MODERADO
8.	$(ACG_M = B \text{ OR } ACG_M = M) \text{ AND } ACG_A = B$	NORMAL
9.	$(ACG_M = M \text{ OR } ACG_M = A) \text{ AND } ACG_A = B$	MODERADO
10.	$(ACG_A = M \text{ OR } ACG_A = A) \text{ AND } ACG_M = A$	AGRESSIVO
11.	$(ACG_A = M \text{ OR } ACG_A = A) \text{ AND } ACG_M = B$	MODERADO
12.	$ACG_P = B \text{ AND } ACG_N = B$	NORMAL
13.	$ACG_P = M \text{ AND } ACG_N = M$	MODERADO
14.	$ACG_P = A \text{ AND } ACG_N = A$	AGRESSIVO
15.	$(TRG_M = B \text{ OR } TRG_M = M) \text{ AND } TRG_A = B$	NORMAL
16.	$(TRG_M = M \text{ OR } TRG_M = A) \text{ AND } TRG_A = B$	MODERADO
17.	$(TRG_A = M \text{ OR } TRG_A = A) \text{ AND } TRG_M = A$	AGRESSIVO
18.	$(TRG_A = M \text{ OR } TRG_A = A) \text{ AND } TRG_M = B$	MODERADO

**Tabela 10.** Regras de inferência para o motor de classificação

O motor dispara a regra cuja variável de entrada verifica a condição e produz o resultado à saída correspondente. Foi usado o método centróide que calcula o centro de gravidade da curva difusa à saída e obtém a pontuação entre 0 e 100. Esta é separada em classes como: [0-25]  $\rightarrow$  Muito Bom, [25-50]  $\rightarrow$  Bom, [50-75]  $\rightarrow$  Mau e [75-100]  $\rightarrow$  Muito Mau.

A validação do motor foi feita simulando valores médios de entrada necessários para obter cada uma das classificações. Contudo, o motor deverá ser afinado para produzir a melhor classificação que beneficie o condutor.

A seguir, são apresentados os procedimentos usados para extração de infrações de velocidade excessiva, acelerações e travagens considerando a configuração da rota e a carga adicional.

### 5.2.3. Configuração da rota e carga adicional

Antes de uma subida os condutores precisam aproximar-se com velocidade suficiente, capaz de evitar acelerações agressivas durante a subida. Assim, é preciso calcular a altitude em que se encontra para conhecer se está a uma distância de 150 m antes de uma subida, se segue a subir ou a descer.

A altitude dos rastros de localização *GPS* contém imperfeições como valores que não correspondem a real altitude daquele local. A correção destes pontos foi feita através da *API Google Elevation* que retorna altitudes válidas. Mas por falta de atualização, alguns locais como subida em pontes onde outrora existia descida indica que o veículo segue a descer. A solução foi identificar estes pontos no mapa (*Google Map*) e inverter o sentido do declive.

Testou-se ainda o inclinómetro, definido a partir do sensor acelerómetro juntamente com o magnetómetro como para obter a inclinação frontal ou lateral do dispositivo. Mas esta solução é bastante sensível e as condições da rota comprometem as leituras.

Para conhecer se o veículo vai a subir ou a descer foi calculado a diferença entre altitudes dos últimos quatro pontos recolhidos ( $P1, P2, P3$  e  $P4$ ), sendo  $P1$  o ponto que corresponde a posição corrente do veículo. Se a diferença mínima de altitude  $dif_{min}$  entre cada um dos pares  $P1P2$  e  $P2P3$  e  $P3P4$  corresponder à  $dif_{min} > 0.15 (m)$ , a inclinação é ascendente (subida), se  $da_{min} < 0.15 (m)$  então a inclinação é descendente (descida).

A melhor solução passa pelo uso do sensor barómetro que calcula a altitude através da diferença entre a pressão atmosférica no local, em relação ao nível do mar. Como os dispositivos usados não possuem este sensor, o cálculo da altitude a partir do barómetro foi implementado, mas sem ser testado.

#### Carga adicional do veículo

A carga adicional do veículo influencia o comportamento do condutor e consumo praticado. Definiu-se que o veículo segue carregado ou não, a partir do sentido em que segue viagem. Isto porque, os carregamentos são feitos na fábrica da Celbi (Grupo Altri) e descarregados no Cais comercial da Figueira da Foz. Uma abordagem futura deverá considerar informações sobre a carga a partir de sensores de medição de carga.

### 5.2.4. Extração de infrações de velocidade excessiva

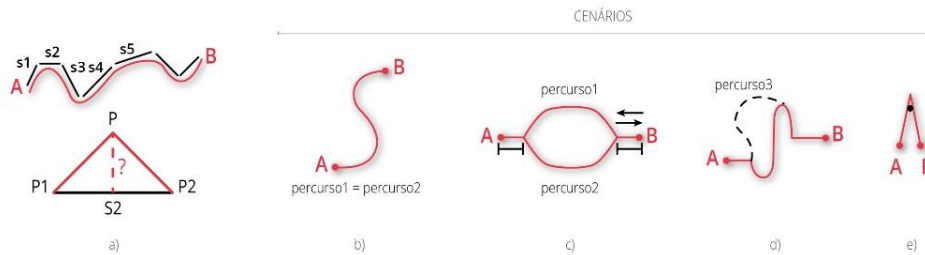
A verificação da velocidade excessiva é feita através da informação local dos limites máximo de velocidade em cada segmento da rota conhecida, ou recolhidos a partir da *API Overpass*.

A rota definida na base de dados do servidor contém os limites máximo de velocidade anotados como segmentos retos. A cada passo é verificado se o veículo se encontra em excesso de velocidade. Como abordagem eficiente, foi usado o algoritmo *Cross Track* (Figura 25 (a) e Equação 3) que permite calcular a distância mais curta entre um ponto geográfico e um segmento reto [25]. Este considera o raio de curvatura da terra  $R = 6371 (m)$ . Usou-se ainda a função *haversine* que permite calcular a distância entre dois pontos [25].

$$\overline{P_1P} = \text{haversine}(\text{lat}_{p_1}, \text{lon}_{p_1}, \text{lat}_p, \text{lon}_p) \quad (1)$$

$$b_{p_1,p_3} = 360 - (\text{toDegrees}(\text{atan2}(\sin(\text{lat}_p - \text{lon}_p) \times \cos(\text{lat}_p), \cos(\text{lat}_{p_1}) \times \sin(\text{lat}_p) - \sin(\text{lat}_{p_1}) \times \cos(\text{lat}_p) \times \cos(\text{lat}_p - \text{lat}_{p_1}))) + 360 \% 360) \quad (2)$$

$$\text{Distância Mínima} = \left| \text{asin} \left( \sin \left( \frac{\overline{P_1P}}{R} \right) \times \sin(b_{p_1,p_3} - b_{p_1,p_2}) \right) \times R \right| \quad (3)$$



**Figura 25.** Algoritmo (a) e cenários (b), (c) e (d) para verificação de velocidade excessiva

No cenário 3 da Figura 25 (d), caso o condutor faça desvio para outra rota ao lado obtém-se o limite de velocidade máximo através da *API Overpass*. Pretende-se em abordagem futura que cada dispositivo guarde um conjunto de rotas conhecidas. Desta forma, verificar-se-ia primeiro, se o desvio foi feito para uma rota conhecida cuja informação se encontra previamente carregada em memória.

O cenário 4 da Figura 25 (e) é pouco provável de ocorrer pois os rastros de localização *GPS* possuem precisão suficiente e estarão dentro da estrada. Nos cenários 1 e 2 indicado na Figura 25 (a) e (b), os segmentos estão adjacentes. Nesta situação, verifica-se nos dois segmentos adjacentes se o veículo aproxima-se ou afasta-se do ponto final no segmento.



### 5.2.5. Extração de infrações de acelerações e travagens

A extração de infrações de aceleração praticadas pelos condutores considera a aceleração linear, medida através do sensor acelerómetro e aceleração longitudinal a partir do *GPS*.

A aceleração recolhida a partir do *GPS* possui uma taxa de recolha de 1 Hz, inferior aos 5 Hz do acelerómetro[7].

#### Aceleração do sensor (Acelerómetro)

O cálculo da aceleração é feito usando a aceleração segundo o eixo Z (valor positivo), no sistema de coordenadas do dispositivo. Evita-se assim, para este protótipo, a calibragem da orientação Norte quando se obtém a aceleração, através do acelerómetro e campo magnético.

O dispositivo deverá no entanto permanecer em posição fixa e frontal ao condutor. Por uma questão de segurança rodoviária, a visualização deve ser intuitiva em termos visuais e a disposição do ecrã de notificação deve ser a frente e no horizonte do motorista. De acordo com os resultados dos testes de cognição realizados no sistema *IDS* [5], ilustrados na Figura 8. Pelo que, uma ligeira inclinação inferior a 45° não afeta as medições.

Para o cálculo da aceleração linear foi preciso:

- 1) Remover a força da gravidade  $g$  do vector de aceleração  $a$  e isolar a componente gravitacional da aceleração usando filtro do tipo passa baixo de ângulo  $\alpha = 0.8$ .

$$g = \alpha \times g + (1 - \alpha) \times a \quad (4)$$

- 2) Remover a contribuição da gravidade ( $g$ ) utilizando filtro do tipo passa-alto

$$a_{linear} = a - g \quad (5)$$

#### Aceleração longitudinal (*GPS*)

A aceleração longitudinal ( $a_{long}$ ) é a derivada da velocidade ( $V$ ) em ordem ao tempo ( $T$ ). Ou seja, o quanto a velocidade varia ao longo do percurso. O valor positivo corresponde a uma aceleração e o valor negativo a uma desaceleração (travagem).

$$a_{long} = \frac{\Delta V}{\Delta T} \quad (m/s^2) \quad (6)$$

Para o cálculo da aceleração longitudinal considerou-se os últimos 4 rastros de localização recolhidos  $P_1..P_4$ , porque o condutor pode efetuar uma aceleração ao longo de 3 segundos. No entanto o valor máximo deste evento poderá estar no intervalo de 1 à 3 segundos durante aceleração ou desaceleração. Considera-se o valor máximo positivo e máximo negativo para cada uma das acelerações.

### 5.3. Resultados experimentais

A avaliação final do protótipo inclui testes de consumo como análise ao número de viagens possíveis entre intervalos de abastecimento do depósito de combustível. São ainda analisados as infrações e classificações praticadas durante o período de teste.

#### 5.3.1. Avaliação de infrações praticadas

De seguida, é apresentado a análise dos resultados feita sobre as infrações praticadas pelos motoristas. Esta análise é importante para a conclusão dos resultados de consumo.

##### 1) Quantidade de infrações praticadas por cada condutor e tipo de infração.

Verifica-se na Figura 26 que há um elevado número de infrações de velocidade excessiva global. Tal tem a ver com o fato do motorista num segmento entrar e sair várias vezes acima do limite máximo. Há ainda um número elevado de acelerações moderadas e agressivas que são claramente prejudiciais para o consumo e que devem ser reduzido.

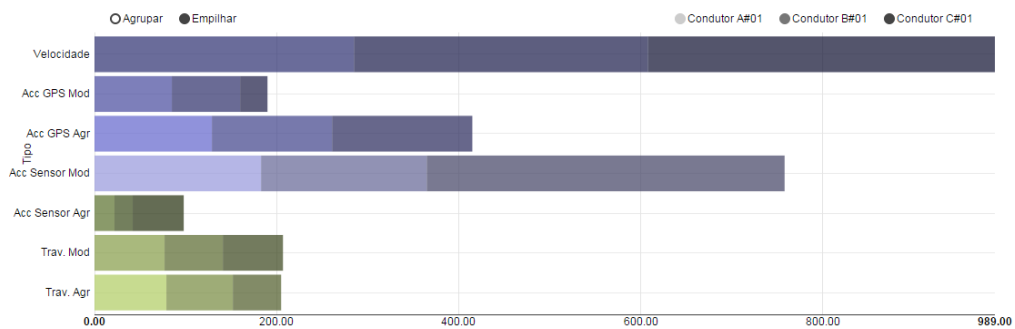


Figura 26. Número de infrações praticadas por tipo de infração

##### 2) Quantidade de classificações obtida pelos condutores, por tipo de classificação.

Através da Figura 27 vê-se que a classificação, em geral, é muito boa. No entanto, ainda há um número de 37 classificações do tipo Mau que pode ser reduzido. Verificou-se apenas 2 classificações do tipo Muito Mau correspondentes ao 3º condutor.

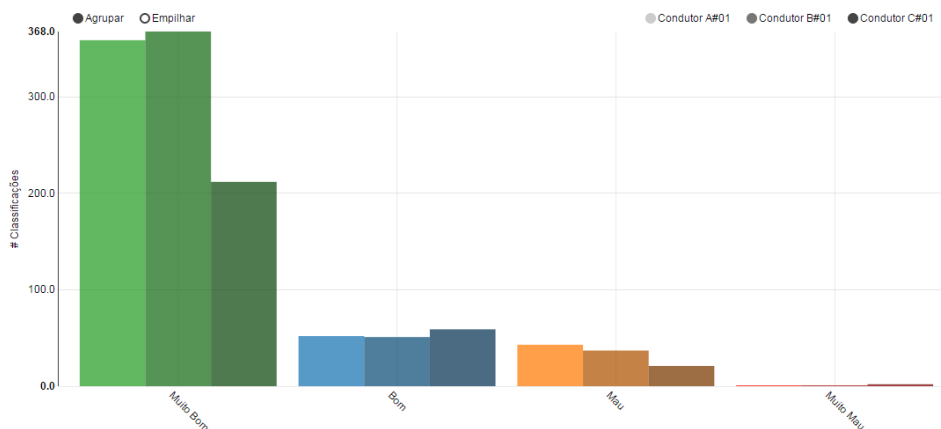


Figura 27. Quantidade de classificações por tipo de classificação

### 3) Quantidade de infrações durante subida, descida e aproximação à uma subida.

De acordo com os resultados apresentados Tabela 11, os motoristas praticaram 23 acelerações agressivas quando seguiam a descer, assim como 705 eventos de aceleração moderada em terreno com declive normal.

Ação	Velocidade Excessiva	Aceleração Moderada		Aceleração Agressiva		Travagem Moderada	Travagem Agressiva
		GPS	Sensor	GPS	Sensor		
Aproximação à subida	0	-	-	-	-	-	-
Subida	-	12	53	19	0	17	2
Descida	-	0	0	34	23	5	7
Normal	-	178	705	362	75	185	196
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>190</b>	<b>758</b>	<b>415</b>	<b>98</b>	<b>207</b>	<b>205</b>

Tabela 11. Infrações praticadas considerando subidas e descidas

Os eventos de aceleração moderada vs agressiva durante a subida fazem sentido, pois os veículos antecipam a subida com maior velocidade e evitam acelerações agressivas durante a subida. Não foi no entanto detetado nenhuma velocidade excessiva na aproximação à subida, o que pode ter sido um problema no algoritmo do protótipo.

### 4) Total de infrações quando o veículo segue carregado vs sem carga, por tipo de infração.

Verifica-se através da Figura 28 que, de fato, a carga adicional influencia o comportamento dos motoristas. Estes praticaram menos infrações quando o veículo segue carregado, o que faz todo sentido pois maior é a preocupação e cuidado.

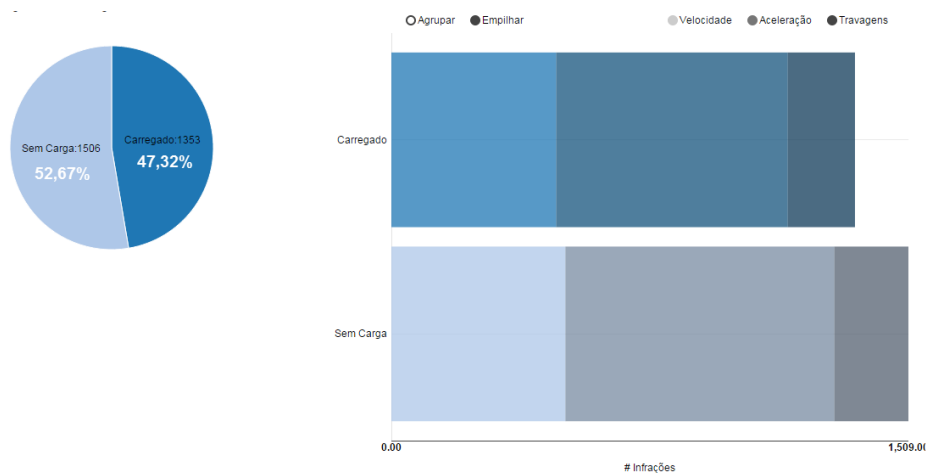


Figura 28. Número de infrações com o veículo carregado vs sem carga

### 5.3.2. Avaliação de redução do consumo

Os testes de consumo foram os testes finais do projeto e teve como objetivo validar a solução protótipo desenvolvida e avaliar o seu impacto na redução do consumo de combustível. Consiste em analisar o número de viagens possíveis entre intervalos de abastecimento do depósito de combustível (Anexo J – Janelas de abastecimento de combustível). Ou seja, quantos quilómetros se consegue fazer e quantos litros se consegue poupar até o próximo abastecimento.

Começou-se por distribuir a cada um dos 3 condutores os equipamentos necessários seguido de instalação nos veículos. Embora um protótipo, a aplicação teve um bom funcionamento e a única reclamação, de dois dos condutores, foi que esta nem sempre terminava a corrida de forma automática ao entrar e sair da fábrica e do Cais. A aplicação esteve desligada algumas horas, mas tudo foi restabelecido sem prejudicar os testes.

A Figura 29 ilustra a quantidade de viagens que cada um dos motoristas conseguiu fazer após abastecimento do depósito, até o próximo abastecimento. As janelas 2 à 4 correspondem aos intervalos em que não se fez uso da aplicação protótipo. Destacado a verde está a janela de testes em que foi usado a aplicação móvel.

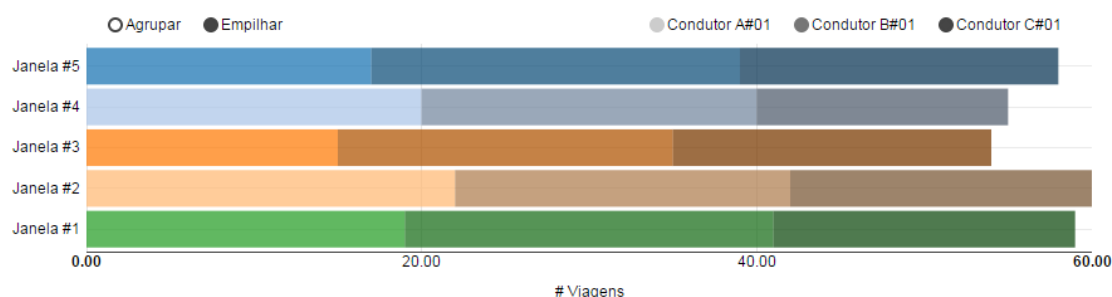


Figura 29. Número de viagens entre janelas de abastecimento de combustível

Verifica-se que, nas janelas 1, 2 e 5, os motoristas conseguiram fazer mais viagens comparado com as janelas 3 e 4. Considera-se ainda na janela 1, a exclusão de 3 e 2 viagens correspondentes àquelas feitas antes do início da monitorização pelos condutores A#01 e C#01 respetivamente.

Nas viagens feitas usando a aplicação, conseguiu-se 5 viagens a mais do que a janela #3, 4 viagens a mais do que a janela #4 e apenas 1 viagem a menos comparado com a janela #2. A diferença entre a média de viagens feita sem uso do dispositivo e o total de viagens usando o protótipo resultou em 2.25 viagens a mais ( $|56.75 - 59 \text{ (Janela \#1)}|$ ).

Dado que cada viagem é feita em dois sentidos de 16 Km cada, em média, houve uma poupança de 72 Kms ( $2.25 \times (16 \times 2)$ ). Ora, segundo cálculos efetuados em Anexo J – Janelas de abastecimento de combustível, obteve-se uma poupança de 0.048 L/Km na 1ª janela. O que equivale à 3.48 litros em 72 Km poupados ( $0.048 \text{ L/Km} \times 72 \text{ Km}$ ).

Há um balanço entre consumo de combustível a poupar e a quantidade de cargas por despachar. Um maior número de viagens implica maior quantidade de cargas feitas e pior consumo. Ao passo que um menor número de viagens, com menos infrações pode levar a melhores resultados de consumo.

## Capítulo 6

### Conclusões

A gestão do combustível não é apenas um desafio para os gestores de frotas de veículos, é também um problema político que envolve governos e respetivos ministérios de transportes.

Nos Estados Unidos, as frotas de veículos são obrigadas a seguir um conjunto de regras definidas no regulamento *Vehicle-fuel-efficiency Standards*, onde até 2025 espera-se que cada veículo não ultrapasse a métrica de 54.5 milhas por galão (gasolina) [9]. A criação de uma lei governamental como esta tem impacto na economia do setor energético e ecológico de todo o país, ao invés de ser apenas para algumas frotas.

#### 6.1. Considerações finais

Obteve-se uma poupança de 0.048 L/Km durante uso da aplicação protótipo, o que equivale à 3.48 litros em 72 Km ganho ( $0.048 \text{ L/Km} \times 72 \text{ Km}$ ). Estes resultados foram obtidos em menos de 1 semana, o que é muito reduzido para tirar o maior potencial do sistema proposto. Contudo, serão feitas melhorias ao sistema e tentativa de testes durante 3 meses para melhor avaliar o impacto no consumo.

Na atividade de negócio da empresa Luís Simões existe um balanço entre consumo de combustível e quantidade de carga que deve ser feita num determinado dia. Ora, o condutor que pretende poupar no consumo deverá ter uma condução mais cuidada e evitar infrações. No entanto, este será menos produtivo quando comparado com o condutor que faça pior consumo e conseqüentemente maior número de viagens e cargas.

Cabe ao gestor decidir e encontrar o ponto de equilíbrio entre a redução no consumo e a quantidade de cargas por despachar. A solução proposta ajuda na tomada de decisão através dos resultados obtidos.

#### 6.2. Trabalho futuro

A classificação e notificação das práticas de condução em tempo real permitem que o condutor adapte a condução para dentro dos limites eficientes de consumo. No entanto, para melhoria contínua na poupança do consumo é necessário a aprendizagem e recomendação das práticas de condução que levam ao consumo mais eficiente.

Serão considerados os pontos a melhorar destacados nos testes e avaliação do protótipo. Esta primeira etapa do trabalho teve uma abordagem de correção das práticas de condução. As fases seguintes incluem realização de testes unitários de caixa branca, foco na abordagem de recomendação da velocidade de condução ótima e monitorização de estados *Idle*.

Os problemas inerentes ao consumo de combustível são muitas das vezes invisíveis para os gestores de frotas. Esta solução – protótipo possui margem para a redução contínua do consumo de combustível praticado por grandes frotas de veículos.

## Referências

- [1] UK Department of Transportation. 2006. Freight Best Practice (White Paper). [ONLINE] Available at: <http://www.freightbestpractice.org.uk/>. [Accessed 15 September 14]
- [2] James, Jonathan, (2008). THE ROAD TO FREIGHT OPERATIONAL EFFICIENCY - PERFORMANCE MANAGEMENT. In *European Transport Conference*. NH Hotel Leeuwenhorst, Noordwijkerhout, Netherlands, 06-10-2008. United Kingdom: European Transport Conference. 14.
- [3] William Frith. 2012. Standard Metrics for Transport and Driver Safety and Fuel Economy (White Paper). [ONLINE] Available at: <http://www.aa.co.nz/assets/about/Research-Foundation/Ecodrive/Opus-AA-ecodriving-Final-Report.pdf>. [Accessed 21 October 14]
- [4] M. van der Voort, M. Dougherty, “Reducing fuel consumption by using a new fuel-efficiency support tool,” in *IEE Africon*, vol. 1, pp. 27-32, 1999
- [5] Ondrej, Linda, (2012). Improving Vehicle Fleet Fuel Economy via Learning Fuel-Efficient Driving Behaviors. In *Human System Interactions (HSI), 2012 5th International Conference*. Perth, WA, 6-8 June 2012. International IEEE: IEEE. 137 - 143.
- [6] Wijayasekara, Dumidu, (2014). Driving behavior prompting framework for improving fuel efficiency. In *Human System Interactions (HSI), 2014 7th International Conference*. Costa da Caparica, 16-18 June 2014. International IEEE: IEEE. 55 - 60.
- [7] Castignani, German, (2013). Driver behavior profiling using smartphones. In *Intelligent Transportation Systems - (ITSC), 2013 16th International IEEE Conference*. The Hague, 6-9 Oct. 2013. International IEEE: IEEE. 552 - 557.
- [8] [www.maisgasolina.com/](http://www.maisgasolina.com/). 2014. Estatísticas dos Combustíveis - Mais Gasolina. [ONLINE] Available at: <https://www.maisgasolina.com/estatisticas-dos-combustiveis>. [Accessed 21 November 14]
- [9] <http://www.whitehouse.gov/>. 2012. Obama Administration Finalizes Historic 54.5 MPG Fuel Efficiency Standards. [ONLINE] Available at: <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2012/08/28/obama-administration-finalizes-historic-545-mpg-fuel-efficiency-standard>. [Accessed 24 October 14]
- [10] <http://europe.squarell.com/>. 2013. Driver Awareness Panel | Squarell. [ONLINE] Available at: <http://europe.squarell.com/en/Products/Products/product/81/>. [Accessed 14 October 14].
- [11] <http://business.tomtom.com/>. 2014. Improved Driver Behavior - TomTom Telematics GB. [ONLINE] Available at: [http://business.tomtom.com/en\\_gb/fleet-management/improved-driver-behavior/](http://business.tomtom.com/en_gb/fleet-management/improved-driver-behavior/). [Accessed 15 October 14]
- [12] <http://microlise.com/>. 2010. Feedback Module to now make it even easier for you to monitor and improve driving behaviour and performance. [ONLINE] Available at: <http://microlise.com/microlise-introduce-their-new-driver-feedback-module-to-now-make-it-even-easier-for-you-to-monitor-and-improve-driving-behaviour-and-performance/>. [Accessed 16 October 14]

- [13] <http://microlise.com/>. 2014. Microlise introduce new Driver Performance Management Module. [ONLINE] Available at: <http://microlise.com/microlise-introduce-new-driver-performance-management-module/>. [Accessed 17 October 14]
- [14] <http://technosmart.fi/>. 2013. Intelligent vehicle devices. [ONLINE] Available at: <http://technosmart.fi/en/intelligent-vehicle-devices/>. [Accessed 18 November 14]
- [15] <http://openxcplatform.com/>. 2014. The OpenXC Platform. [ONLINE] Available at: <http://openxcplatform.com/>. [Accessed 22 December 14]
- [16] <http://connectedcars.splunk4good.com/>. 2011. Splunk and Ford Test Drive Open Data Development in Connected Cars. [ONLINE] Available at: <http://connectedcars.splunk4good.com/en-US/app/connectedcars/overview/>. [Accessed 22 January 14]
- [17] <https://intranet.5amsolutions.com/>. 2014. Atributos de qualidade. [ONLINE] Available at: <https://intranet.5amsolutions.com/display/process/Quality+Attribute+Scenario/>. [Accessed 27 December 14]
- [18] International Data Corporation (IDC). 2015. Smartphone OS Market Share, Q1 2015. [ONLINE] Available at: <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>. [Accessed 13 August 15].
- [19] Luís Simões. 2015. Luís Simões recebe Prémio de Inovação Tecnológica. [ONLINE] Available at: <http://www.luis-simoes.pt/news/luis-simoes-recv-el-premio-a-la-innovacion-tecnologica>. [Accessed 04 July 15].
- [20] Android SDK. 2015. Sensors Overview. [ONLINE] Available at: [http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors\\_overview.html](http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview.html). [Accessed 25 January 15].
- [21] Wikipedia. 2015. Waterfall model. [ONLINE] Available at: [https://en.wikipedia.org/wiki/Waterfall\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Waterfall_model). [Accessed 22 July 15].
- [22] Castillo, Mario Augusto Rivas, (2013). A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TRADITIONAL MODEL (WATERFALL) FOR SYSTEMS DEVELOPMENT PROJECT MANAGEMENT AND THE AGILE MODEL IN SOFTWARE FACTORIES. In 10th International Conference on Information Systems and Technology Management. São Paulo, Brazil, June, 12 to 14, 2013. São Paulo, Brazil: CONTECSI. 16.
- [23] Zhao, Jin, (2002). Evaluation of membership functions for fuzzy logic controlled induction motor drive. In IECON 02 [Industrial Electronics Society, IEEE 2002 28th Annual Conference of the] (Volume:1 ). Sevilla, Spain, 5-8 Nov. 2002. IECON 02: IEEE. 229 - 234 vol.1.
- [24] Gonzalez, Carlos Julio , (2013). SISTEMAS DE INFERENCIA DIFUSA. In Seminário Inteligência Computacional. Universidade Federal de Santa Catarina, 2013. Florianópolis, SC, Brasil: DAS / PPGEAS. 7.
- [25] Chris Veness - Movable Type Scripts. 2015. Calculate distance, bearing and more between Latitude/Longitude points. [ONLINE] Available at: <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>. [Accessed 10 May 15].
- [26] Fuzzylite. 2015. A fuzzy logic control library and application. [ONLINE] Available at: <http://www.fuzzylite.com/java/>. [Accessed 15 March 15].
- [27] Future Cities Project.EU. 2015. Porto Living Lab - an ecosystem for the future. [ONLINE] Available at: <http://futurecities.up.pt/site/>. [Accessed 25 February 15].