

Sistema de Apoio ao Utilizador de Transportes Públicos

Ricardo Emanuel Ferreira Lopes

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Informática, Área de Especialização em
Sistemas Gráficos e Multimédia**

Orientador: Paulo Alexandre Gandra de Sousa

Júri:

Presidente:

Doutor José António Reis Tavares, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Vogais:

Doutor Alexandre Manuel Tavares Bragança, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Doutor Paulo Alexandre Gandra De Sousa, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Porto, Outubro de 2014

«A todas as pessoas que me ajudaram a atingir os meus objetivos»

Resumo

Nos dias de hoje usar o transporte público para nos deslocarmos de uma determinada origem para um determinado destino é uma realidade na vida da maioria das pessoas. Muitas destas deslocamentos fazem parte da rotina diária do cidadão, que depende destes transportes para as suas atividades do dia-a-dia.

Nos últimos anos, o número de cidadãos que usa os transportes públicos como meio de deslocamento tem vindo a aumentar consideravelmente. Contudo, a maioria dos operadores de transportes públicos pecam pela falta de pontualidade dos seus serviços, e pela falta de informação disponível ao cidadão acerca dos horários dos mesmos em tempo real.

Tendo este problema em conta, foi desenvolvida uma solução capaz de realizar uma previsão do tempo de chegada de um transporte público, ao longo de todo o seu serviço. Previsão essa que é atualizada ao longo do percurso de forma a reduzir a margem de erro da informação apresentada. Com esta informação o cidadão pode planejar melhor o seu dia e decidir qual é a melhor altura para se deslocar para a paragem, evitando ao máximo a perda de tempo à espera do seu transporte público.

A solução final foi desenvolvida com a ajuda da empresa BEWARE e teve como objetivo a criação de uma aplicação web capaz de apresentar os tempos de espera dos autocarros em diferentes tipos de vista, bem como o acompanhamento do mesmo ao longo do percurso. Toda a informação utilizada na aplicação web foi criada por dois serviços de apoio que efetuam o controlo do autocarro ao longo do percurso, bem como os cálculos da previsão dos tempos de espera.

O projeto foi dividido em quatro constituintes que foram repetidas durante o desenvolvimento da solução. A primeira constou na análise do problema, no levantamento e definição dos requisitos. A segunda incluiu o desenvolvimento de um algoritmo capaz de validar a posição do autocarro ao longo do seu percurso, detetando a paragem onde este se encontra e a hora de chegada à mesma. A terceira abrangeu o desenvolvimento de um algoritmo capaz de prever o tempo de chegada de um autocarro às paragens definidas na sua rota, recorrendo ao histórico de viagens realizadas anteriormente. A quarta consistiu no desenvolvimento da aplicação web, implementando todas as funcionalidades necessárias para que a aplicação consiga realizar o acompanhamento do autocarro no percurso, a consulta dos tempos de chegada e da previsão dos tempos às paragens seguintes recorrendo a três tipos de vistas diferentes, e a possibilidade de agendar notificações de forma a receber no *email* as previsões dos tempos de chegada nos dias e horas mais significativos para o utilizador.

Palavras-chave: Tempo de espera, aplicação web, algoritmo, rastreamento de viaturas

Abstract

These days the use of public transport to move from a particular origin to a particular destination is a reality in the lives of most people. Many of these trips are part of the daily routine of citizens, which depends on these transport for their day-to-day activities.

In the last few years, the number of citizens that use the public transport as a means of travel has increased considerably. However, most public transport operators are also inconsistent for lack punctuality of their services and the lack of information available to the citizen about the schedules in real time.

Taking this problem into account, a solution capable of performing an arrival time prediction of a public transport throughout their service was developed. Prediction that is updated along the entire service in order to reduce the error rate of the presented information. With this information the citizen can better plan their day and decide which the best time to go the stop is, avoiding wasting time waiting for their public transit.

The final solution was developed with the help of the company BEWARE and aimed to create a web application capable of presenting the waiting times of buses using different types of view, as well as monitoring them along the route. All information used in the web application was created by two support services that perform the control of the bus along the route, as well as the calculation of the prediction of waiting times.

The project was divided into four parts which were repeated during development of the solution. The first consisted in analyzing the problem, the lifting and setting of the requirements. The second included the development of an algorithm able to validate the position of the bus along its route, knowing in which stop he is and the arrival time at that stop. The third covered the development of an algorithm to predict the arrival time of a bus at the stops along a route defined, using the travel history previously performed. The fourth consisted in web application development, implementing all the functionality required for the application to be able to follow up on the bus along his route, the visualization of arrival times and the prediction of time to the following stops using three different types of views, and the ability to schedule notifications in order to receive email predictions of arrival times in the days and hours more meaningful to the user.

Keywords: Waiting time, web application, algorithm, tracking of vehicles

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer ao ISEP e ao MEI por me terem fornecido todas as condições de trabalho necessárias ao longo do meu Mestrado. Quero agradecer também a todos os professores que ao longo do meu Mestrado me ajudaram a crescer como pessoa e também como profissional. Contribuíram muito para a minha aprendizagem, e é graças a este grupo de docentes que consegui superar muitas etapas de forma a alcançar este objetivo final.

Quero agradecer ao meu orientador Dr. Paulo Sousa por se ter demonstrado sempre disponível a ajudar durante a realização deste projeto, pelas críticas e pela exigência de um trabalho bem realizado, o que me levou a progredir profissionalmente, sem ele os resultados finais seriam de uma qualidade muito inferior.

Aproveito para agradecer também à empresa BEWARE pela disponibilidade dos bens informáticos que sem eles não seria possível finalizar esta solução.

Por fim mas não menos importante, quero agradecer à família que sempre me apoiou durante todo o tempo em que estive no ISEP, sem eles não teria conseguido atingir o objetivo de ser Engenheiro Informático.

Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Enunciado do Problema	1
1.2	Enquadramento.....	2
1.3	Motivação.....	3
1.4	Objetivos	5
1.5	Proposta de Solução.....	5
1.6	Organização da Dissertação	7
1.7	Processo de Desenvolvimento	7
1.8	Planificação	8
2	Estado da Arte	11
2.1	Utilização de Transportes Públicos	11
2.2	Soluções para Tempos de Espera.....	12
2.2.1	STCP.....	12
2.2.2	CARRIS	15
2.2.3	Iris NextBus.....	17
2.2.4	MyTransportSG	19
2.2.5	MTA Bus Time	20
2.2.6	Análise Comparativa das Soluções de Tempos de Espera Identificados.....	21
2.3	Algoritmos de Distância Entre Coordenadas.....	23
2.3.1	Fórmula de Haversine	23
2.3.2	Fórmula de Vincenty	24
2.3.3	Análise Comparativa dos Algoritmos	24
3	Solução.....	27
3.1	Levantamento de Requisitos.....	27
3.1.1	Requisitos Funcionais	27
3.1.2	Requisitos Não Funcionais	35
3.2	Análise	37
3.3	Arquitetura	38
3.3.1	Descrição do Funcionamento do Sistema	38
3.3.2	Design.....	44
3.4	Modelo de Dados	48
3.5	Serviço de Controlo do Percurso.....	51

3.6	Serviço Tempo de Espera	53
3.7	API de Acesso aos Dados	54
3.8	Aplicação Web	55
4	Conclusões e Trabalho Futuro	65
4.1	Conclusões.....	65
4.2	Trabalho Futuro	66

Lista de Figuras

Figura 1 - Aumento do número de passageiros de autocarros em Dubai (Ahmed, 2010)	4
Figura 2 - Processo de Desenvolvimento Iterativo e Incremental (rdal, 2010)	8
Figura 3 - Diagrama de Gantt	10
Figura 4 - STCP SMSBUS (STCP, 2014)	13
Figura 5 - Website tempos de espera	14
Figura 6 - MOVE-ME	15
Figura 7 - Carris Email ao Minuto	16
Figura 8 - IZI Carris Tempos de Espera	17
Figura 9 – irisNextBus	18
Figura 10 - SBS Transit iris	19
Figura 11 - MyTransportSG	20
Figura 12 - MTA Bus Time	21
Figura 13 - Fórmula de Haversine	23
Figura 14 - Fórmula Haversin	23
Figura 15 - Diagrama de Caso de Uso da Aplicação	28
Figura 16 - SSD registo na aplicação	29
Figura 17 - SSD CRUD de perfis	30
Figura 18 - SSD CRUD de notificações	31
Figura 19 - SSD selecionar paragem/linha	32
Figura 20 - SSD visualizar os tempos de espera em tabela	33
Figura 21 - SSD visualizar os tempos de espera no mapa	34
Figura 22 - SSD visualizar os tempos de espera na espinha	35
Figura 23 - Modelo de Domínio	37
Figura 24 - Sistema Tempos de tempos de espera	39
Figura 25 - Sistema de Geo-fence	41
Figura 26 - Sistema de Controlo de Tempos de Espera	42
Figura 27 - UI Apresentação dos Dados	43
Figura 28 - MVC	44
Figura 29 - SD Pesquisa	45
Figura 30 - SD Vista Tabela	46
Figura 31 - SD Vista Espinha	47
Figura 32 - SD Vista Mapa	48
Figura 33 - Modelo de dados de tempos de espera	49
Figura 34 - Modelo de dados da aplicação web	50
Figura 35 - Fluxograma Serviço de controlo do percurso	52
Figura 36 - Fluxograma Cálculo Tempos de Espera	54
Figura 37 - Login/Registo na aplicação	56
Figura 38 - Formulário de registo	56
Figura 39 - Registo efetuado com sucesso	57
Figura 40 - Ativação da conta	58

Figura 41 - Formulário de pesquisa	58
Figura 42 - Tabela dos tempos de espera da pesquisa	59
Figura 43 - Espinha dos tempos de espera da pesquisa.....	60
Figura 44 - Mapa dos tempos de espera da pesquisa	61
Figura 45 - Mapa dos tempos de espera da pesquisa (paragem selecionada)	62
Figura 46 - Lista de perfis	63
Figura 47 - Lista de notificações	64

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Planificação do projeto.....	9
Tabela 2 - Comparação das Soluções de Tempos de Espera	22
Tabela 3 - Comparação dos Algoritmos	24
Tabela 4 - Caso de uso registar na aplicação	29
Tabela 5 - Caso de uso CRUD de perfis	30
Tabela 6 - Caso de uso CRUD de notificações.....	31
Tabela 7 - Caso de uso seleccionar paragem/linha	32
Tabela 8 - Caso de uso visualizar os tempos de espera em tabela	33
Tabela 9 - Caso de uso visualizar os tempos de espera no mapa	34
Tabela 10 - Caso de uso visualizar os tempos de espera na espinha.....	34

Acrónimos e Símbolos

Lista de Acrónimos

AJAX	Asynchronous Javascript and XML
APA	American Public Transportation Association
API	Application Programming Interface
ASP	Active Server Pages
AVMS	Automatic Vehicle Management System
CRUD	Create Read Update Delete
CSS	Cascading Style Sheets
GPS	Global Positioning System
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IIS	Internet Information Services
IRIS	Intelligent Route Information System
LTA	Land Transport Authority
MTA	Metropolitan Transportation Authority
MVC	Model View Controller
OPT	Optimização e Planeamento de Transportes
OSM	OpenStreetMap
SAEIP	Sistema de Ajuda à Exploração e Informação dos Passageiros
SBS	Singapore Bus Service
SD	Sequence Diagram
SQL	Structured Query Language
SSD	System Sequence Diagram

STCP Sociedade de Transportes Coletivos do Porto

UI User Interface

XML Extensible Markup Language

1 Introdução

1.1 Enunciado do Problema

Atualmente, os serviços de transportes públicos de passageiros são, na sua generalidade, efetuados em redes com itinerários, paragens e horários fixos. Este género de transporte é geralmente denominado como serviço regular, uma vez que há um conjunto de veículos que efetuam um determinado itinerário predefinido, havendo um espaçamento temporal entre a passagem dos mesmos em determinados pontos de paragem.

Hoje em dia mais do que nunca a população necessita de utilizar transportes públicos para se deslocar de uma determinada origem para um determinado destino múltiplas vezes durante o dia. Um dos grandes problemas na realização desta atividade é o tempo de espera que estas pessoas passam nas paragens.

Pretende-se com este trabalho resolver o problema do utente de transportes públicos que necessita de saber o tempo de chegada de um transporte a uma determinada paragem, tendo em conta as situações dinâmicas do dia-a-dia. Tendo acesso ao tempo de chegada em tempo real, o utente poderá planejar melhor a sua deslocação de forma a rentabilizar o tempo que tem disponível, reduzindo ao máximo o tempo perdido à espera do transporte.

A maior parte dos operadores de transportes públicos baseiam os serviços dos seus transportes de acordo com um horário fixo onde não são levados em conta os atrasos que podem acontecer ao longo do percurso. Os atrasos dos transportes públicos são muito comuns, principalmente nas regiões urbanas onde o número de viaturas a circular nas vias é elevado. Estes devem-se a inúmeros fatores que não podem ser controlados pelos operadores, como por exemplo: acidentes, trânsito e obras.

Estes atrasos levam a que os horários definidos não sejam cumpridos, horários esses que o cidadão comum se baseia para planejar o seu dia, levando-o a perder tempo desnecessário à espera do seu transporte, quando esse tempo podia estar a ser utilizado na realização de outras tarefas. Como os horários são fixos, o cidadão não consegue saber exatamente quando o

transporte vai passar na sua paragem, se este está atrasado ou até mesmo se este já passou pela paragem.

Alguns operadores de transportes públicos tomaram conta deste problema e elaboraram serviços de forma a tentar fornecer mais informação ao cidadão acerca dos tempos de passagem dos transportes. Contudo, a maioria dos sistemas existentes são limitados, uma vez que não fornecem um acompanhamento em tempo real do transporte, limitam a visualização dos tempos a uma paragem e a um tipo de vista, não fornecem um serviço de notificações automático, e em alguns casos trás um custo monetário ao utilizador pelo uso do serviço.

Na época em que vivemos é necessário rentabilizar o nosso tempo ao máximo, algo que se torna mais difícil quando perdemos preciosos minutos ou até mesmo horas à espera do nosso transporte. Este problema causa transtorno aos clientes como também às empresas responsáveis por este serviço.

1.2 Enquadramento

Este relatório tem como finalidade documentar todo o processo de desenvolvimento seguido no projeto elaborado no âmbito da unidade curricular de Tese/Dissertação/Estágio, do ano letivo de 2013/2014, do Mestrado de Engenharia Informática na área de Sistemas Gráficos e Multimédia, do Instituto Superior de Engenharia do Porto. Esta unidade curricular é a última do plano de estudo de dois anos do MEI. Deste modo, todas as competências e conhecimentos obtidos ao longo deste tempo, serão usados no desenvolvimento do projeto.

O projeto foi realizado de maneira independente com a contribuição de bens informáticos por parte da empresa BEWARE¹. Esta empresa tem como objetivo ser reconhecida pelo desenvolvimento de aplicações para a *web*, *smartphones* e *tablets* na área da cultura, transportes públicos e turismo.

O objetivo final é a criação de uma aplicação *web* capaz de prever os tempos de espera de um determinado transporte, bem como a apresentação desses mesmos resultados ao utilizador de uma forma rápida e de fácil interação.

Este projeto surgiu de forma a evoluir uma solução já existente. A solução era constituída por dois projetos desenvolvidos pela BEWARE de nome 4Tracking² e 4Teams³.

O 4Tracking é uma aplicação *web* de *tracking* em tempo real. Com o uso de um sistema GPS ou um telemóvel, o sistema regista as coordenadas do veículo a cada intervalo de tempo. Com esta informação, é possível a consulta dos trajetos realizados em qualquer altura do dia, bem como o acompanhamento do mesmo em tempo real, recorrendo a visualização em mapa. Desta

¹ <http://www.beware.pt/>

² <http://www.beware.pt/projects/4tracking.html>

³ <http://www.beware.pt/projects/4teams.html>

forma, qualquer entidade consegue localizar o seu veículo recorrendo a esta aplicação e utilizando o histórico de viagens realizadas, tomando decisões de gestão de frota de forma a rentabilizar os mesmos que se encontram à sua disposição.

O 4Teams surgiu de forma a ser possível os veículos sem GPS terem as suas coordenadas registadas no sistema. Alguns deles têm um equipamento GPS para o envio da sua localização, mas de maneira a facilitar a utilização do sistema sem a necessidade de equipar os veículos, foi desenvolvida esta aplicação fazendo com que só seja necessário um telemóvel com o sistema operativo *Android* e ligação à internet. Com esta aplicação, para além da funcionalidade principal de envio de coordenadas, o utilizador tem a possibilidade de comunicar com o sistema central através do envio de mensagens, e indicar o início e fim de um determinado serviço realizado, de forma a ser possível o controlo das horas de trabalho e serviços efetuados.

Com o apoio destes dois projetos, é possível ter no sistema as coordenadas em tempo real dos veículos que se encontram em circulação. É com esta informação que se torna possível a elaboração de uma solução que seja capaz de realizar a previsão de tempos de chegada.

Tal como foi referido anteriormente, o tempo de espera por um transporte público é algo de muito transtorno para um utente. Nunca saber quando é que o seu transporte chegará à sua paragem faz com que o utente tenha de perder muito tempo do seu dia à espera, tempo esse que podia ser aproveitado na realização de outras atividades de rendimento muito superior para o utente em questão.

1.3 Motivação

A evolução que tem ocorrido no mundo tecnológico nos últimos anos, tem levado a que qualquer cidadão comum consiga consultar e analisar informação importante para a sua rotina diária de uma forma simples, fácil e rápida. O que antes só estava ao dispor das grandes empresas, ou utilizando um computador pessoal fixo, pode agora ser usado através de dispositivos móveis como portáteis, *smartphones* e *tablets*.

O constante crescimento da utilização de dispositivos para a consulta de informação incentivou o desenvolvimento de aplicações para auxiliar esta atividade. A usabilidade, acessibilidade, contentamento e sensação de conforto que estes dispositivos fornecem aos seus utilizadores, geram experiências únicas. Após o aparecimento destes dispositivos, foram geradas inúmeras áreas de negócio capazes de explorar o seu potencial, como o desenvolvimento de aplicações orientadas ao cidadão.

Aplicações orientadas ao cidadão formam uma perfeita oportunidade de negócio, uma vez que permitem que as entidades diminuam os seus custos de operação. O retorno de investimento do mercado global das aplicações cativa a investigação e desenvolvimento tecnológico nesta área, pelo que já existem soluções para a previsão dos tempos de chegada no mercado.

Introdução

O número de cidadãos que utiliza os transportes públicos tem aumentado de ano para ano, levando a que o nível de exigência por um serviço de melhor qualidade aumente.

O uso do transporte público trás vantagens tanto para o cidadão, para a economia como também para o ambiente. A utilização de transportes públicos como meio de deslocação ajuda o cidadão a poupar dinheiro na aquisição de um veículo pessoal e sua manutenção. Em regiões onde a densidade da população é elevada, utilizar um transporte público torna-se na única solução viável, devido à falta de estacionamento disponível e às vias congestionadas.

A população tem conhecimento destes fatores e o aumento na utilização deste meio de transporte é uma realidade. De acordo com o Gulf News, o Dubai tem tido um aumento bastante significativo no número de passageiros em autocarros ao longo dos anos (Ahmed, 2010).

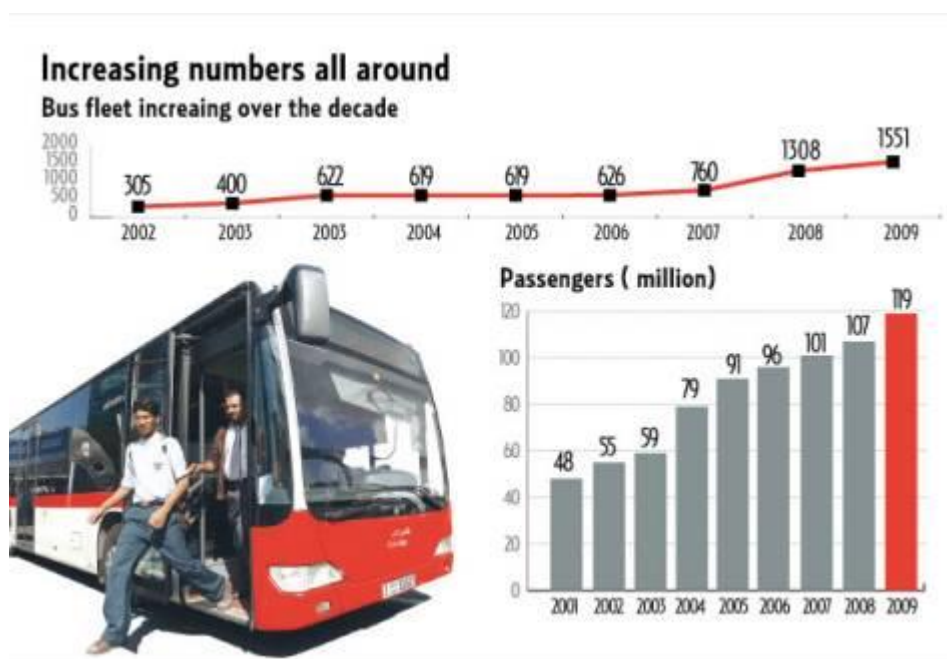


Figura 1 - Aumento do número de passageiros de autocarros em Dubai (Ahmed, 2010)

Para que este tipo de transporte continue a ser o escolhido pelo cidadão é necessário investir em soluções que facilitem e ajudem o cidadão a utilizar este modo de deslocação.

Considerando as motivações descritas, o objetivo desta tese é a elaboração de uma solução completa de previsões de tempos de espera.

No capítulo seguinte será possível analisar algumas soluções implementadas para este problema que se encontram neste momento no mercado nacional e internacional. Porém, todas as soluções apresentadas mostram que as suas interfaces não são muito amigas do utilizador e pecam por falta de algumas funcionalidades críticas.

1.4 Objetivos

Com este trabalho pretende-se criar uma solução completa de previsão de tempos de espera para a gestão de serviços a pedido de transportes públicos de passageiros em tempo real.

De acordo com os problemas mencionados anteriormente, os objetivos da tese são os seguintes:

1. Previsão do tempo de espera
 - Algoritmo que tendo como dados de entrada as coordenadas atuais de um veículo, efetua a localização do mesmo dentro de um determinado percurso, registando o tempo de chegada do veículo em cada paragem.
 - Algoritmo que tendo como dados de entrada o histórico das viagens realizadas por um veículo num determinado percurso, realiza um cálculo para prever quando este chegará às paragens seguintes.
2. Visualização dos dados
 - Para que um utilizador consiga interpretar estes dados de uma forma mais rápida e conseguir observar de imediato a informação mais importante, é necessário criar uma interface simples, limpa e flexível que esteja preparada para ser visualizada em diferentes dispositivos.
 - A interface tem de ser capaz de disponibilizar a informação usando diferentes tipos de vista, levando o utilizador a poder escolher aquela que mais lhe agrada.
3. Notificações
 - Serviço automático de envio de previsões de tempos de chegada para o *email* do utilizador, de acordo com os dias e horas considerados mais relevantes pelo mesmo.

1.5 Proposta de Solução

Para a solução do problema descrito pensou-se no desenvolvimento de um algoritmo capaz de localizar o veículo dentro de um percurso registando a hora de chegada do mesmo às paragens, um segundo algoritmo capaz de realizar a previsão dos tempos de chegada, acompanhados por uma aplicação web para interpretação desses dados.

Recorrendo a um aparelho de envio de coordenadas GPS para um servidor, o algoritmo será capaz de analisar essas coordenadas e situar a viatura dentro de uma rota, registando a hora de passagem do mesmo em cada paragem do percurso. Após situar o veículo, o algoritmo irá recorrer a um histórico de viagens realizadas pelo mesmo, na mesma rota, de forma a fazer a

Introdução

previsão de chegada às paragens seguintes. Com esta informação a ser processada e disponível em tempo real o utilizador consegue de imediato saber quando determinado veículo chegará à sua paragem.

Com estes dados, as entidades futuramente poderão planear melhor as suas rotas de modo a rentabilizar melhor os seus serviços. Tendo o registo das horas de passagem dos veículos nas paragens e os atrasos detetados durante os percursos, as entidades poderão analisar a informação de forma a melhor estruturar os seus horários, reforçando o número de veículos que se encontram em circulação em certas alturas do dia, e ajustando as horas de partida dos mesmos.

Isto trás uma vantagem para o utilizador do dia-a-dia dos transportes públicos, tendo esta informação disponível rapidamente, este pode decidir quando é a melhor altura para se deslocar à paragem, podendo planear melhor o seu tempo. Ao conseguir consultar a informação em tempo real, o utilizador poderá evitar ao máximo o tempo de espera numa determinada paragem, ou até mesmo decidir por outra forma de transporte para atingir o seu destino mais rapidamente.

Tendo em conta que estamos perante um problema onde a visualização dos dados tem de ser intuitiva para o utilizador, a UI terá de ser capaz de apresentar os dados de várias formas diferentes, dando ao utilizador a possibilidade de escolha de como pretende visualizar a informação.

Como o uso de dispositivos móveis é algo extremamente recorrente, a aplicação terá de ser capaz de se ajustar de forma a ser perceptível em diferentes dispositivos. Outro fator a ter em conta é o tempo de resposta da mesma, como podemos estar perante um utilizador que pode estar a consultar a aplicação usando um dispositivo móvel com velocidade de internet limitada, esta tem de ser capaz de processar a informação de forma rápida e evitar ao máximo o *download* de conteúdo desnecessário.

Muitos cidadãos durante o seu dia-a-dia efetuam múltiplas viagens nos transportes públicos como parte da sua rotina habitual, o que faz com que seja um fator de grande importância que o sistema seja capaz de enviar notificações ao cidadão quando este mais precisa. Para que isso seja possível, a aplicação terá de ser capaz de suportar o agendamento de notificações, que terão como conteúdo as previsões de chegada mais relevantes para o utilizador. Desta forma, o utilizador receberá no seu *email* a informação dos tempos de espera quando este se tem de deslocar para a sua paragem habitual. Ao receber este tipo de informação na altura do dia em que necessita de apanhar um transporte público para se deslocar, o cidadão poderá ponderar qual será a melhor solução, de forma a perder o mínimo tempo que possível à espera do transporte e atingir o seu destino o mais rápido que possível

1.6 Organização da Dissertação

Nesta secção é apresentada a estrutura deste documento, fornecendo uma visão global do ponto a ser desenvolvido. A organização deste documento é constituído pela distribuição lógica dos temas discutidos em quatro capítulos, cujos assuntos são sucintamente descritos de seguida.

O primeiro capítulo destina-se à apresentação da dissertação e do trabalho desenvolvido, dando a perceber os objetivos da tese de acordo com o problema descrito.

No segundo capítulo ir-se-á referir o estado-da-arte dos transportes públicos de passageiros assim como algumas soluções que se encontram em funcionamento nessa área. Serão apresentadas e descritas soluções a nível nacional como a nível internacional, onde serão depois comparadas entre si de forma a detetar as falhas existentes nos sistemas atuais, um processo de apoio para a análise e levantamento de requisitos para a solução a ser implementada. Será realizada uma pequena análise e comparação de dois algoritmos que podem ser usados no cálculo de distâncias entre duas coordenadas, cálculo esse que é fundamental para o desenvolvimento da solução.

No terceiro capítulo descreve-se a solução que se desenhou para implementar e cumprir o objetivo referido anteriormente. Será apresentado a arquitetura do sistema e o levantamento de requisitos realizados durante o desenvolvimento. Neste capítulo será também apresentada a solução implementada, sendo descritas as funcionalidades desenvolvidas, o seu modo de utilização, os algoritmos criados para o controlo do veículo ao longo do percurso e para o cálculo de previsão de tempos de espera, e o modo de comunicação/integração entre os projetos. No fim deste capítulo será apresentada a aplicação web desenvolvida, apresentando alguns ecrãs e as suas funcionalidades, de forma a criar um contexto mais visual dos requisitos definidos durante a análise e desenvolvimento da solução.

No quarto e último capítulo são apresentadas as principais conclusões retiradas desta dissertação, salientando os pontos necessitam de ser melhorados e quais as contribuições do trabalho desenvolvido. Serão também sugeridos, nesta secção, alguns desenvolvimentos futuros que possam trazer contributos para a melhoria da solução desenvolvida.

1.7 Processo de Desenvolvimento

Para a elaboração deste projeto foi adotado um processo de desenvolvimento de *software* iterativo e incremental. O conceito principal da forma como este processo se desenrola é desenvolver um sistema através de ciclos repetidos (iterativo) e em pequenas frações de cada vez (incremental), permitindo que o responsável pelo seu desenvolvimento possa usufruir do que aprendeu durante o desenvolvimento de versões anteriores do sistema.

Introdução

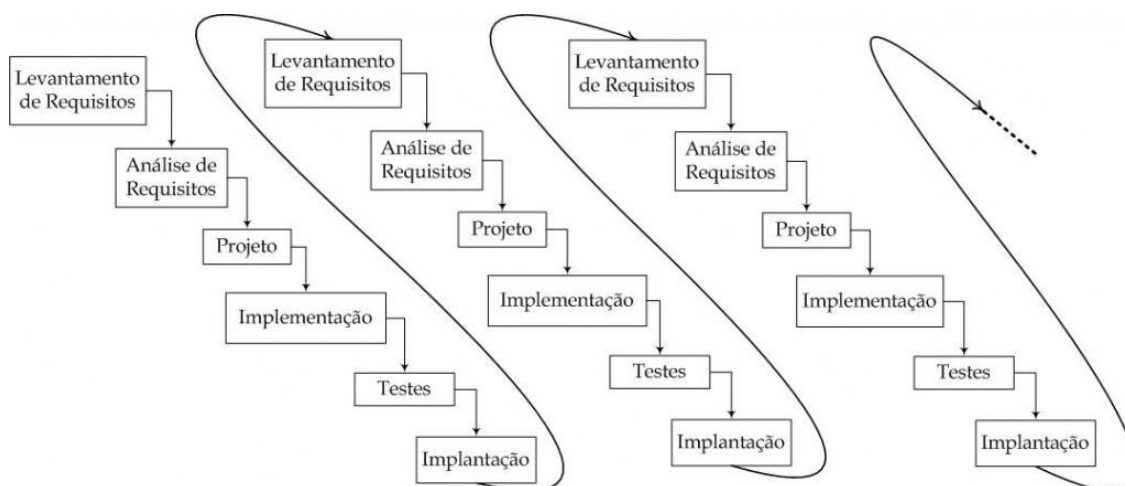


Figura 2 - Processo de Desenvolvimento Iterativo e Incremental (rdal, 2010)

O desenvolvimento de um produto de *software* é uma grande tarefa ao qual o tempo de execução pode ser alargado por vários meses ou até mesmo anos, devido a esse fato, torna-se mais viável dividir o trabalho a ser realizado por várias iterações. Cada uma destas iterações irá ter como resultado um crescimento no desenvolvimento do produto final.

O objetivo de usar este processo de desenvolvimento é que o grupo de pessoas responsáveis pela evolução do produto possam ao longo do tempo ir aperfeiçoando a solução final.

Numa primeira iteração deve-se identificar os requisitos que o produto deve cumprir bem como a análise do problema e iniciar o desenho de uma solução. Numa segunda iteração, deve-se concluir a análise, fazer uma parte significativa do desenho e continuar com a implementação. Numa terceira iteração, deve-se concluir o desenho, terminar a implementação, testar e integrar a solução no produto final.

O principal resultado da aproximação iterativa é que os produtos definitivos de todo o procedimento vão sendo amadurecidos e concluídos ao longo do tempo, mas cada iteração gera sempre um agrupado de produtos finais.

1.8 Planificação

Para o desenvolvimento desta aplicação foi necessário elaborar um plano de tarefas a serem realizadas e *milestones* a serem cumpridos.

De forma a estruturar melhor esta informação foi criada uma tabela com o resumo das tarefas e as suas datas de início e fim, bem como um diagrama de Gantt de todo o processo. Como foi adotado um processo de desenvolvimento de *software* iterativo e incremental, a planificação do projeto sofreu algumas alterações durante a construção da solução.

Tabela 1 - Planificação do projeto

Id	Tarefa	Duração (dias)	Inicio	Fim	Antecessores
1	Análise do problema	11	01/01/14	15/01/14	
2	Estudo de soluções semelhantes	11	16/01/14	30/01/14	1
3	Estudo das tecnologias a serem usadas	23	31/01/14	04/03/14	2
4	Algoritmo de previsão de chegada*	107	01/02/14	30/06/14	3
5	Serviço de leitura das coordenadas	12	05/03/14	20/03/14	3
6	Sistema de Geo-fence	31	21/03/14	02/05/14	5
7	Guardar dados do percurso real	21	05/05/14	31/05/14	5
8	Cálculo dos tempos de espera	27	05/05/14	10/06/14	6
9	Atualização da previsão ao longo do percurso	41	05/05/14	30/06/14	6
10	Aplicação web*	44	01/07/14	01/10/14	4
11	Registo de utilizadores	3	01/07/14	03/07/14	4
12	CRUD de perfis	8	04/07/14	15/07/14	11
13	Visualização dos tempos de espera em tabela	6	01/07/14	08/07/14	4
14	Mapa com a visualização da rota	11	09/07/14	23/07/14	13
15	Espinha com as paragens e tempos de espera	8	09/07/14	18/07/14	13
16	Notificações	6	09/07/14	16/07/14	13
17	Testes	43	01/07/14	28/08/14	4
18	Documentação*	206	16/01/14	22/10/14	
19	Modelo de dados	13	05/03/14	21/03/14	3
20	Arquitetura da solução	23	05/03/14	04/04/14	3
21	Relatório	206	16/01/14	22/10/14	1

*Milestones

Introdução

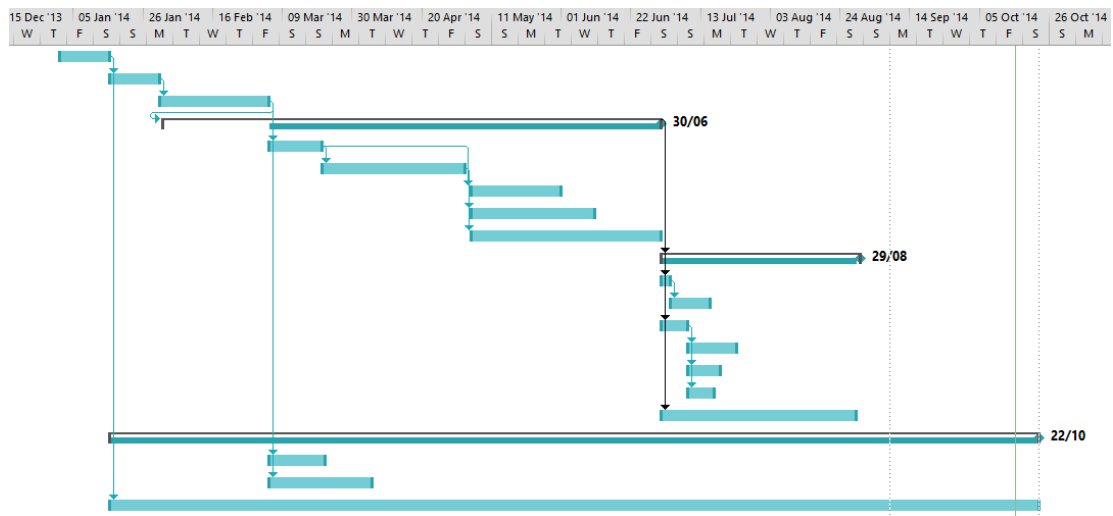


Figura 3 - Diagrama de Gantt

2 Estado da Arte

2.1 Utilização de Transportes Públicos

O uso dos transportes públicos tem vindo a aumentar ao longo do tempo, para além dos benefícios ambientais para o nosso planeta é também benéfico para o público em geral.

Apesar de existir uma persistente discussão sobre a eficiência de diversos sistemas de deslocação, o transporte público é geralmente visto como uma escolha apropriada em termos de eficiência energética. Em 2002, um estudo realizado pela Brookings Institution e a American Enterprise Institute mostrou que nos Estados Unidos o transporte público é capaz de conseguir consumir metade do combustível que é despendido pelos automóveis (Layton, 2002). Para além desta descoberta, o estudo também verificou que o uso de veículos particulares é responsável por emitir 95% mais de monóxido de carbono e duas vezes mais dióxido de carbono e óxido de nitrogénio do que os veículos de transporte público. Estes dados referem a cada passageiro por milha⁴ percorrida.

Estudos indicam que o transporte público aproveita a zona urbana de forma mais eficiente do que o transporte particular e possibilita uma organização menos dispersa das cidades (UITP, 2011). O planeamento urbano centrado no transporte público otimiza essa organização. Isso possibilita a criação de centros comerciais adjacentes aos intermodais, atendendo às necessidades de consumo e de serviços do povo local, o que diminui a dispersão urbana.

Através do uso de transporte público, o espaço ganho nas estradas é muito maior. Um autocarro pode conseguir transportar 50 pessoas, enquanto um carro transporta no máximo 5. Isto mostra que era necessário 10 carros para transportar o mesmo número de pessoas que 1 autocarro é capaz de transportar. Com o ganho de espaço, há menos engarrafamentos nas ruas e maior ganho de tempo na realização do percurso. Mesmo que um trajeto dure menos tempo se efetuado por meio do automóvel em horários sem engarrafamentos, nada garante uma estabilidade ao longo do dia e ao longo do mês neste tipo de transporte.

⁴ Unidade de comprimento. 1 milha = 1,609344 quilómetros

O transporte público serve também como um lugar de comunicação e socialização. Ao longo do percurso, uma pessoa pode encontrar amigos, pode fazer novas amizades, pode conversar e debater todo tipo de assuntos. Sem a necessidade de estar 100% focado na condução do veículo, uma pessoa pode, ao longo do percurso, fazer diversas pequenas tarefas individuais.

Com a diminuição da necessidade de se obter um automóvel, e todas as despesas adjacentes a essa aquisição, a maior parte das pessoas terá, por consequência, um aumento no rendimento familiar.

De acordo com um artigo escrito pela APTA o uso de transportes públicos pelos americanos aumentou 37.2% desde 1995, e no ano de 2013 o número de viagens realizadas em transportes públicos foi o mais elevado em 57 anos (APTA, 2014).

Apesar deste aumento no uso de transportes públicos, o cumprimento de horários continuam a ser dos fatores que mais dececionam os utilizadores. De acordo com um artigo da Carta Capital, o não cumprimento de horários e os atrasos dos transportes corresponde a mais de 30% das reclamações feitas pelos cidadãos (Brasil, 2014). Isto causa um grande transtorno para os utilizadores visto que perdem demasiado tempo à espera do transporte, tempo esse que podia ser aproveitado para realizar outras tarefas.

2.2 Soluções para Tempos de Espera

Existe no mercado algumas soluções desenvolvidas para dar suporte a este tipo de problema, quer a nível nacional como a nível internacional. Nesta secção serão apresentadas e descritas algumas dessas soluções, referindo as suas características principais. No final será realizada uma comparação entre as soluções referidas.

2.2.1 STCP

A STCP prestam um serviço de transporte público urbano de passageiros na Área Metropolitana do Porto, em conjunto com os demais operadores rodoviários, ferroviário e de metro ligeiro, ajudando para a efetiva mobilidade das pessoas, fornecendo uma opção competitiva ao transporte individual privado e criando, pela sua atividade, benefícios sociais e ambientais num quadro económico e na procura da melhoria contínua do seu desempenho.

De forma a prestar um melhor serviço aos seus clientes a STCP tem ao dispor três ferramentas para a consulta de tempos de espera dos autocarros: *website*, aplicação para telemóvel MOVE-ME e serviço de mensagens SMSBUS.

2.2.1.1 SMSBUS

O SMSBUS⁵ é um serviço desenvolvido pela STCP⁶ de mensagens escritas por telemóvel para que um utente tenha conhecimento da previsão de chegada do próximo autocarro. O serviço é constituído por duas opções: saber quais e quando são os próximos autocarros que passam na paragem X e saber quando chegam os próximos autocarros à paragem X e que pertençam à linha Y.

As previsões SMSBUS são realizadas recorrendo a cálculos matemáticos usando a localização do autocarro, recorrendo ao sistema de GPS que se encontra instalado no seu interior que emite coordenadas de 30 em 30 segundos. Os tempos de chegada dos autocarros ao local pretendido podem ter um desvio médio, de mais ou menos 2 minutos, em relação aos tempos indicados para 90% dos pedidos. Em casos extremos, este valor poderá ser superior (STCP, 2014).

Para poder utilizar o serviço o utente tem de enviar uma mensagem para o número 68998 contendo o código da paragem para a qual pretende saber a previsão de chegada, se pretender pode adicionar também o código da linha para que só seja devolvido informação sobre essa linha. O custo da mensagem é de 0,25€ e inclui o pedido de informação e respetiva resposta, bem como a mensagem de confirmação.

Após o envio da mensagem o utilizador recebe uma mensagem como resposta contendo as horas de passagem, tempo de espera em minutos e respetivas linhas.



Figura 4 - STCP SMSBUS (STCP, 2014)

⁵ <http://www.stcp.pt/smsBusMicroSite/index.html>

⁶ <http://www.stcp.pt>

2.2.1.1.1 Website

A partir do *website* o utilizador pode consultar toda a informação necessária acerca da STCP. Nesta plataforma os utentes podem consultar os horários que se encontram planeados bem como as previsões de chegada dos autocarros a uma determinada paragem através da página de horários⁷.

Aqui o utilizador tem a opção de seleccionar a paragem que pretende consultar. O sistema apresenta de seguida numa tabela a informação dos tempos previstos dos próximos autocarros. Na tabela apresentada o utilizador pode analisar a linha, hora prevista e tempo de espera de cada registo apresentado.

Na figura 7 podemos visualizar a resposta dos tempos de espera para a paragem da Trindade. Os registos estão ordenados de forma crescente em relação ao tempo de espera. Podemos verificar que caso haja vários autocarros a circular na mesma linha, estes são apresentados também nos resultados.



Próximas passagens na Paragem - TRD6		
		Filtrar por linha
Linha	Hora Prevista	Tempo de Espera
201 VISO - C2	11:35	6min
501 MAT. PRAIA -	11:42	13min
201 VISO - C2	11:47	18min
208 ALDOAR J. FR	11:56	26min
201 VISO - C2	12:00	31min

Os horários apresentados são previsões em tempo real.

Figura 5 - Website tempos de espera

2.2.1.2 MOVE-ME

O MOVE-ME é um protótipo de uma aplicação desenvolvida pela OPT que possibilita o acesso móvel a um conjunto variado e completo de informação sobre os transportes públicos disponíveis na cidade do Porto.

Disponibiliza ao utilizador final um amplo e detalhado conjunto de informações proveniente de diferentes operadores de transporte público, e permite planejar rotas intermodais em tempo real e para diferentes meios de transporte na cidade do Porto (OPT, 2014).

⁷ <http://www.stcp.pt/pt/viajar/horarios>

Através de um conjunto ampliado de funcionalidades, o MOVE-ME possibilita ao utilizador procurar por próximas partidas e analisar os tempos de espera e os destinos ligados aos próximos veículos a passar num determinado local.

Na figura 8 podemos visualizar a informação disponibilizada pela aplicação para a paragem Trindade. São listados de forma crescente por tempo de espera, os transportes que irão parar nesse local.



Linha	Destino	Tempo (min)
A	Senhor de Matos	1
C	Campanhã	2
B	Póvoa de Varzim	5
A	Fânzeres	6
B	Estádio do Drag	9
C	Forum Maia	12

Figura 6 - MOVE-ME

2.2.2 CARRIS

A Carris⁸ concede um serviço de transporte público urbano de superfície de passageiros, orientada por critérios de sustentabilidade, contribuindo para um desenvolvimento que atenda às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade das gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades.

Para auxiliar o utente na utilização dos serviços da carris, existem três ferramentas para a consulta de tempos de espera: E-mail ao minuto, SMS ao minuto e a aplicação para telemóvel IZI Carris.

2.2.2.1 E-mail ao Minuto

O serviço *e-mail* ao minuto⁹ da Carris tem como principal objetivo oferecer informação, via internet, sobre os horários reais de passagem dos veículos nas paragens. Após o pedido do cliente, a carris proporciona a consulta de informação fiável e de última hora sobre a passagem dos mesmos, em cada paragem.

⁸ <http://www.carris.pt>

⁹ <http://www.carris.pt/pt/informacao-ao-passageiro/>

Para poder usufruir deste serviço o cliente tem duas opções: enviar um *email* com o código da paragem no assunto da mensagem, ou utilizando o motor de pesquisa. Ao utilizar o motor de pesquisa o utente seleciona a localidade que pretende, de seguida verifica qual a paragem que deseja receber informação sobre a previsão do tempo de espera, depois preenche o formulário com o seu *email* pessoal e o sistema da carris encarrega-se de enviar um email contendo a carreira, destino, hora prevista e tempo de espera referente à paragem selecionada.

Na figura 9 podemos visualizar um exemplo de um email enviado pelo serviço da Carris.

Carreira	Destino	Hora Prevista	Tempo de Espera
742	CASALINHO AJUDA	15:58	01m
742	POLO UNIV. AJUDA	16:11	14m
713	E.CAMPOLIDE	16:16	19m
742	CASALINHO AJUDA	16:22	25m
742	POLO UNIV. AJUDA	16:30	33m
713	E.CAMPOLIDE	16:32	36m
742	CASALINHO AJUDA	16:36	39m
713	E.CAMPOLIDE	16:49	53m
742	POLO UNIV. AJUDA	16:49	53m

Figura 7 - Carris Email ao Minuto

2.2.2.2 SMS ao minuto

O sistema de mensagens SMS ao minuto tem como principal objetivo proporcionar informação, via telemóvel, sobre os horários reais de passagem dos veículos nas paragens. A pedido do Cliente, a Carris proporciona a consulta de informação fiável e de última hora sobre a passagem dos mesmos, em cada paragem.

Para consultar tempos de espera (em minutos), relativamente a todos os veículos que passam numa determinada paragem o utilizador deverá digitar C (espaço) Código da Paragem e enviar para o 3599 (custo de mensagem escrita normal). Caso pretenda consultar tempos de espera dos próximos três veículos de uma carreira, numa determinada paragem, deverá digitar C (espaço) Código da Paragem (espaço) Nº da Carreira e enviar para o 3599 (custo de mensagem escrita normal).

2.2.2.3 IZI Carris

A IZI Carris¹⁰ é um serviço inovador desenvolvido pela IZIMOOVE¹¹ que disponibiliza, em tempo real, o tempo de espera dos autocarros da Carris. Toda a informação disponibilizada na aplicação é fornecida pelo SAEIP da Carris.

¹⁰ <https://play.google.com/store/apps/details?id=pt.izimoove.carris>

¹¹ <http://www.izimoove.pt/>

A IZI Carris é uma aplicação para telemóvel que possibilita ao utilizador, entre outras funcionalidades, a consulta de informação sobre os tempos de espera dos autocarros numa determinada paragem. Todos os dados apresentados na aplicação são fornecidos pela Carris, através do SAEIP, que funciona em tempo real, com recurso aos equipamentos GPS instalados em cada veículo.

A informação que é apresentada na aplicação é a mesma que consta de cada um dos painéis instalados em muitas das paragens da Carris em Lisboa (IZIMOOVE, 2014).

O tempo de espera é atualizado automaticamente por dedução do tempo passado desde a última consulta. Para visualizar um novo tempo de espera, é necessário pressionar o botão “atualizar”. Só neste caso há um novo acesso à internet. Para maior fiabilidade da informação disponibilizada, é aconselhado que seja realizada uma atualização de dados a cada 5 minutos.



The screenshot shows the IZI Carris mobile application interface. At the top, there is a status bar with signal strength, battery, and time (22h51). Below that, the app title "TEMPO DE ESPERA" is displayed with a home icon on the left and a star icon on the right. The current location is "B.º Novo" with a star icon, and the address "Estrada Benfica 10703" is shown below. A table lists bus routes with columns for "Carreira", "Destino", "Hora", and "Espera". The table contains five rows of data, with the first two rows having waiting times. At the bottom of the screen, there is a circular refresh icon.

Carreira	Destino	Hora	Espera
746	M. POMBAL	23:09	18 m
746	M. POMBAL	23:39	48 m
205	Cais Sodré		
716	Arco Cego		
746	Marquês Pombal		

Figura 8 - IZI Carris Tempos de Espera

2.2.3 Iris NextBus

A SBS Transit¹² é uma operadora líder de autocarro e comboio, em Singapura. Todos os dias, transportam mais de três milhões de passageiros por toda a rede de autocarro e comboio.

¹² <http://www.sbstransit.com.sg/>

Estado da Arte

Criada em 1973 apenas a partir da fusão de três empresas de autocarros privadas, cresceu rapidamente e em 1978, foram listados na Bolsa de Valores de Singapura.

De forma a facilitar a consulta de informação sobre as viagens de autocarros, a SBS Transit criou a iris NextBus¹³. A iris NextBus fornece os horários de chegada de autocarros em tempo real.

Todos os autocarros da SBS Transit são equipados com o dispositivo de rastreamento AVMS. As suas localizações exatas dentro de uma rota podem ser controladas em tempo real, fazendo com que a iris NextBus possa fornecer os próximos horários de chegada dos autocarros.

A iris NextBus fornece aos utentes uma maneira conveniente de verificar a próxima passagem dos autocarros na sua paragem.

Selecionando o serviço que pretendemos, a direção do serviço e a paragem onde nos encontramos, é apresentado o tempo de espera até o próximo transporte chegar a essa paragem, bem como o tempo de espera para o transporte seguinte.

Caso o utilizador esteja registado no *website* este pode guardar as pesquisas realizadas de forma a mais tarde poder voltar a usá-las.



There are 2 options to find out estimated bus arrival time.

Option 1 Please specify a bus service, direction and bus stop to find out the estimated arrival times for the next 2 buses.

Service Number [Click here for operating details](#)

Please select a service.

Direction

Please select direction of service.

Bus Stop

Please select bus stop.

Service No	Next Bus Arriving in	Subsequent Bus Arriving in
002	8 minutes(WAB)	23 minutes(WAB)

Figura 9 – irisNextBus

Esta solução é completada pela aplicação Android SBS Transit iris que fornece ao utilizador a mesma informação sobre os tempos de espera mas com uma interface muito mais apelativa e organizada.

¹³ <http://www.sbstransit.com.sg/iris3/nextbus.aspx>

Também faculta uma série de informações úteis, tais como particularidades das rotas de autocarros, serviços de autocarros que estão em circulação e que estão atrasados ou desviados, e mudanças nos horários de funcionamento de autocarros regulares.

Os utentes também podem obter informações sobre as primeiras e últimas horas de funcionamento do comboio, mudanças planeadas nas horas de serviço do comboio, bem como descobrir se os serviços estão a funcionar sem problemas (ComfortDelGro, 2014).

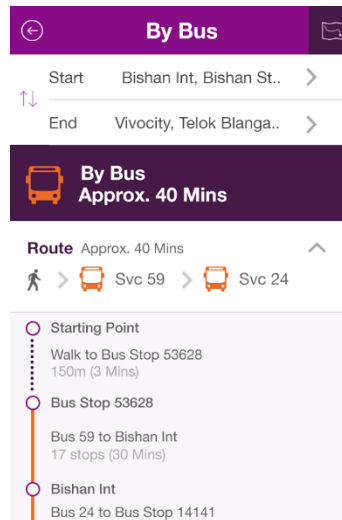


Figura 10 - SBS Transit iris

2.2.4 MyTransportSG

MyTransport.SG¹⁴ é um portal que fornece informações e serviços web para todos os utentes de transporte terrestre. O portal foi desenvolvido pela LTA de Singapura.

Através do *website* do MyTransport¹⁵ podemos usar uma funcionalidade para verificar os tempos de espera dos autocarros em Singapura em que as suas rotas tenham como destinos universidades e escolas.

Após selecionarmos uma categoria, o nome da rua e a paragem que pretendemos é apresentada uma lista de autocarros que passam nesse local bem como os tempos de espera para os próximos dois autocarros de cada linha.

Após a realização do pedido, o resultado devolvido contém todos os autocarros que se encontram em circulação que têm essa paragem no seu percurso. É apresentado o número do autocarro, o tempo de espera e também a informação se esse veículo está equipado para as pessoas com necessidades especiais.

¹⁴ <http://www.mytransport.sg/content/mytransport/home.html>

¹⁵ <http://www.mytransport.sg/content/mytransport/home/commuting/busarrivaltime.html>

Category: Bus stops along Academic Belt
 Road Name: Upp Bt Timah Rd
 Bus Stop Code/Name: 42071 - Shell Kiosk
 Submit

Alternatively, check out [iris](#) or [SMRT website](#) for bus arrival time information of SBS Transit and SMRT buses.

— Collapse All

— 42071 - Shell Kiosk

The Bus Arrival Times are updated as of 24 Oct 2014 18:56 hrs

Select	Bus No.	Arriving	Next Bus
<input type="checkbox"/>	52	06 mins	23 mins
<input type="checkbox"/>	66	Arr	21 mins
<input type="checkbox"/>	157	10 mins	21 mins
<input type="checkbox"/>	170	02 mins	17 mins
<input type="checkbox"/>	174	10 mins	28 mins

Wheelchair Available Bus

Figura 11 - MyTransportSG

2.2.5 MTA Bus Time

A MTA é a maior rede de transporte da América do Norte, que fornece os seus serviços a uma população superior a 15,1 milhões de pessoas numa área de cerca de 5 mil quilómetros quadrados. Impulsiona a economia de Nova Iorque, fornecendo inúmeras oportunidades de emprego a milhões de pessoas. Os autocarros, metros e comboios da MTA fornecem 2,62 biliões de viagens a cada ano às pessoas de Nova Iorque.

De forma a fornecer a informação do posicionamento dos autocarros em tempo real a MTA criou o serviço MTA Bus Time¹⁶.

O MTA Bus Time usa o GPS e comunicações *wireless* para controlar a localização de cada autocarro em tempo real. Aproximadamente a cada 30 segundos as informações sobre a localização do autocarro são enviadas para o servidor, onde são processadas de forma a serem integradas com o mapa. Após este processamento inicial, são aplicados algoritmos para detetar se o autocarro se encontra dentro do serviço, se está a realizar algum desvio e a que distancia está da próxima paragem, de forma a identificar onde este permanece dentro da rota.

¹⁶ <http://bustime.mta.info/>

Ao aceder ao serviço MTA Bus Time, o utilizador tem a opção de escolher se pretende visualizar uma paragem, rota ou uma localização. Após a escolha de uma dessas opções, o serviço apresenta num mapa os autocarros que estão a fazer um serviço nessa zona. Ao clicar sobre um autocarro o utilizador tem acesso à informação sobre a identificação do autocarro, que serviço este se encontra a realizar, quais são as próximas paragens pelas quais o veículo irá passar e a que distância permanece das mesmas.

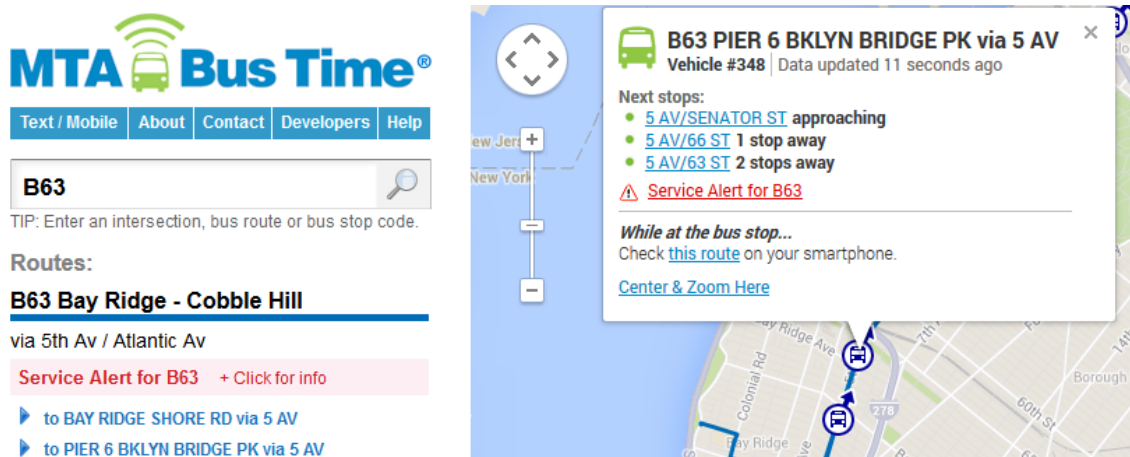


Figura 12 - MTA Bus Time

2.2.6 Análise Comparativa das Soluções de Tempos de Espera Identificados

Todas as soluções acima mencionadas foram alvo de uma comparação de forma a identificar um conjunto de funcionalidades base e reconhecer a necessidade de algumas particularidades inovadoras a serem incluídas na solução proposta no documento.

A importância desta comparação, ao invés de se focalizar estritamente na comparação parâmetro a parâmetro com vista à seleção da melhor solução, prende-se na verificação dos requisitos dados como obtidos pelos utilizadores de sistemas de tempos de espera e pela descoberta de novos que consigam promover a motivação dos cidadãos no uso do sistema a desenvolver.

A tabela seguinte resume a confrontação realizada entre os sistemas, juntando apenas os parâmetros correspondentes à parte web, que mostram maior disparidade entre as múltiplas soluções:

Tabela 2 - Comparação das Soluções de Tempos de Espera

	STCP Website	E-mail ao Minuto	Iris NextBus	My Transport SG	MTA Bus Time
Requer autenticação para o uso do serviço?	Não	Não	Não	Não	Não
Permite visualização em tabela?	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Permite visualização em espinha?	Não	Não	Não	Não	Não
Permite visualização em mapa?	Não	Não	Não	Não	Sim
Atualiza automaticamente ao longo do tempo?	Não	Não	Não	Não	Sim
Apresenta tempos de espera?	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Apresenta as paragens da linha?	Não	Não	Não	Não	Não
Destaca a paragem pretendida?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
UI ajusta automaticamente conforme a resolução?	Não	Sim	Não	Não	Não
Tempo de resposta inferior a 3 segundos?	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Resultados apresentados na mesma página?	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Envio de notificações programadas?	Não	Não	Não	Não	Não

Os parâmetros utilizados nesta comparação foram definidos através de uma análise transversal a todos estes sistemas, permitindo obter apenas as características que definem cada uma das soluções, e descartar as que se repetem. Estas últimas serão reaproveitadas como funcionalidades base do sistema a desenvolver, uma vez que, na perspetiva dos utilizadores, são encaradas como os requisitos mínimos neste tipo de sistemas.

Deste trabalho de pesquisa e avaliação, foi possível consensualizar que as características mais comuns nestes sistemas e que correspondem ao mínimo indispensável para os utilizadores passam pela disponibilização de uma aplicação web para a visualização tabular dos tempos de espera.

A análise realizada possibilitou ainda detetar algumas fragilidades presentes em todos os sistemas, e assim projetar algumas funcionalidades que poderão motivar os cidadãos na utilização da ferramenta a desenvolver.

Embora todas as soluções estudadas tenham características que as demarquem e uma área de influência bem definida, que atrai um núcleo próprio de utilizadores, nenhuma delas reúne as características necessárias de forma a incentivar o uso contínuo da aplicação como parte da rotina diária de um cidadão.

2.3 Algoritmos de Distância Entre Coordenadas

Existem vários algoritmos para o cálculo da distância entre duas coordenadas compostas por uma latitude e uma longitude, todavia, os dois mais utilizados na resolução deste tipo de problema são a fórmula de Haversine e a fórmula de Vincenty.

2.3.1 Fórmula de Haversine

A fórmula de Haversine é uma equação matemática usada para calcular a distância entre dois pontos geográficos situados dentro de uma esfera. Nos tempos onde a calculadora digital não era uma realidade, o uso de tabelas detalhadas ajudaram os navegadores nos cálculos (Edwards, 2005).

Utilizando dois pontos situados dentro de uma esfera (de raio r), de latitudes ϕ_1 e ϕ_2 , e longitudes λ_1 e λ_2 , podemos calcular a distância d entre eles usando a fórmula:

$$\text{haversine} \left(\frac{d}{r} \right) = \text{hav}(\phi_2 - \phi_1) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \text{hav}(\lambda_2 - \lambda_1)$$

Figura 13 - Fórmula de Haversine

Onde a formula haversin é dada por:

$$\text{hav}(\theta) = \sin^2 \left(\frac{\theta}{2} \right) = \frac{1 - \cos(\theta)}{2}$$

Figura 14 - Fórmula Haversin

Apesar de a fórmula de Haversine ser usada para realizar cálculos de distâncias entre dois pontos geográficos na Terra, é preciso ter em conta que a Terra não é uma esfera perfeita, visto que o raio varia de 6356,78 km nos polos até 6378,14 km no equador. Estas pequenas correções, na ordem de 0,1% (supondo $R = 6367,45$ km) são usadas devido a leve forma elipsoide do nosso planeta.

2.3.2 Fórmula de Vincenty

A fórmula de Vincenty são dois métodos iterativos relacionados para calcular a distância entre dois pontos sobre a superfície de um esferoide. Foram desenvolvidos por Thaddeus Vincenty, e baseiam-se na suposição de que o formato da Terra é o de um esferoide achatado, o que torna esta fórmula mais precisa que os métodos de cálculos que assumem que a Terra é esférica (Veness, 2014).

O primeiro método (direto) calcula a localização de um ponto que é de uma determinada distância e a medida angular no sistema de coordenadas esférico (direção) de um segundo ponto. O segundo método (inversa) calcula a distância geográfica e a medida angular no sistema de coordenadas esférico entre dois pontos dados. Eles têm sido amplamente utilizados em geodesia, porque eles são precisos para dentro de 0,5 mm sobre a Terra elipsoide.

Por ser um algoritmo muito mais complexo torna que o processamento demore mais tempo a concluir, mas para os problemas onde a margem de erro da distância tem de ser mínima, este é o algoritmo mais preciso.

2.3.3 Análise Comparativa dos Algoritmos

Os dois algoritmos mencionados foram alvo de uma comparação de forma a validar as suas características, para se avaliar em que situação é mais vantajoso o uso de cada um deles. Com o uso de dois scripts JavaScript com as duas fórmulas implementadas, foi possível verificar a eficiência de cada um dos algoritmos (Robinson, 2012).

A tabela seguinte resume a comparação efetuada entre os sistemas, reunindo somente os parâmetros que apresentam maior importância entre os dois.

Tabela 3 - Comparação dos Algoritmos

	Haversine	Vincenty
Complexidade	Baixa	Alta
Operações por segundo Android 4.2.2	13 886	8 640
Operações por segundo Firefox 32.0	580 968	374 499
Operações por segundo Chrome 37.0.2062	1 055 070	465 792
Operações por segundo Internet Explorer 11	1 060 473	376 981
Margem de erro	0,1%	0,5mm

Após a análise dos dois algoritmos podemos concluir que o algoritmo de Haversine em média é duas vezes mais rápido que o algoritmo de Vincenty. Esta diferença de velocidade de processamento já era de prever visto que o algoritmo de Vincenty é muito mais complexo que o algoritmo de Haversine, requerendo mais processamento para completar a operação.

Outro dado de extrema importância é a margem de erro entre os dois algoritmos. Porque a fórmula de Haversine não leva em conta que a Terra não é esférica, a margem de erro comparada com a de Vincenty é maior. Se o problema em questão requer que a margem de erro seja mínima e a perda de desempenho não seja um problema, então o uso do algoritmo de Vincenty é a melhor opção. Caso o desempenho seja a primeira prioridade e o problema em questão não exigir uma distância propriamente exata, então o algoritmo de Haversine é o mais indicado.

A escolha entre o uso de um algoritmo ou de outro dependerá do problema em que se está inserido.

Estado da Arte

3 Solução

Para o desenvolvimento do produto final foi necessário criar vários subprodutos de forma a dar suporte à solução final. Cada um deles tem a sua função bem definida e separada do sistema de maneira a minimizar uma possível falha global da solução.

3.1 Levantamento de Requisitos

Ao longo do processo de desenvolvimento da aplicação foram realizadas várias discussões sobre a solução de forma a avaliar quais os requisitos pretendidos para a aplicação.

3.1.1 Requisitos Funcionais

Nesta secção serão enumerados todos os requisitos funcionais, comportamento do sistema e suas ações para cada entrada, que a aplicação deverá ser capaz de cumprir. Será fornecida uma descrição de cada um e também o caso de uso correspondente. Em seguida é apresentado o diagrama de casos de uso da aplicação.

Solução

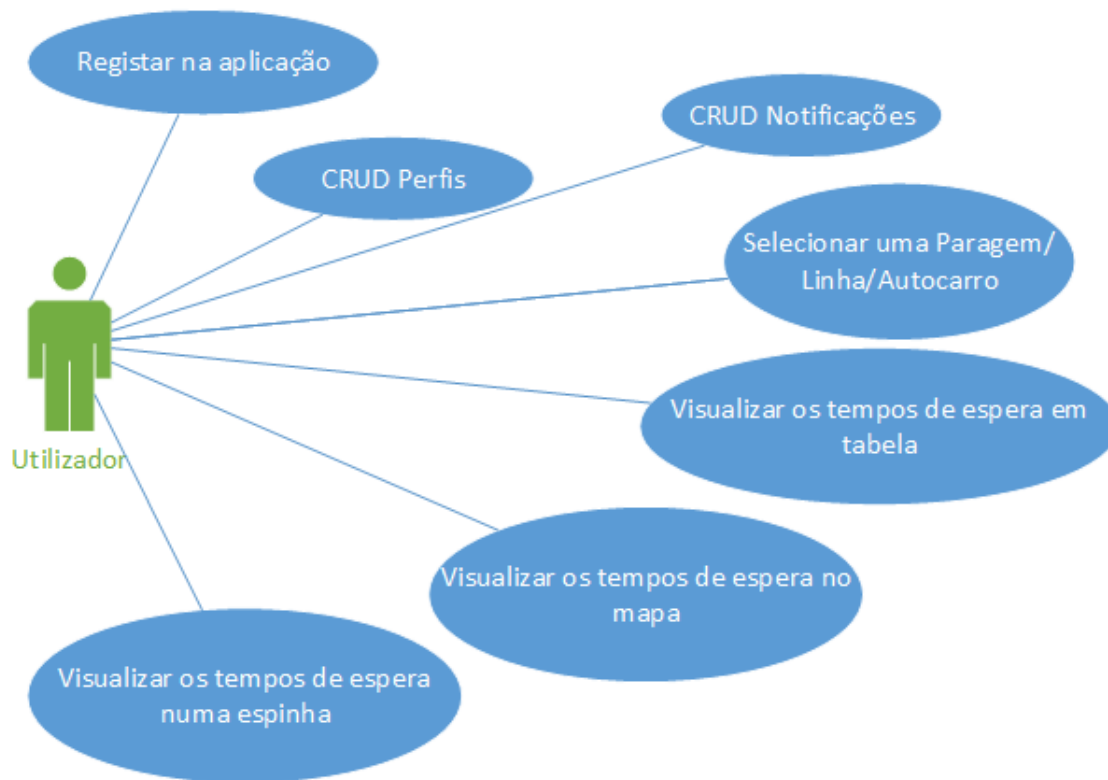


Figura 15 - Diagrama de Caso de Uso da Aplicação

A seguir são apresentados as descrições dos casos de uso da aplicação.

3.1.1.1 Registar na aplicação

Um utilizador pode utilizar todos os serviços de consulta de tempos de espera do sistema sem ser necessário efetuar o registo na aplicação, porém, se o utilizador pretender guardar a sua pesquisa como um perfil e receber notificações este tem de ter uma conta criada para que esta possa ser associada.

Na altura do registo o utilizador fornece os seus dados pessoais para a criação da sua nova conta, sendo que todos os campos apresentados no formulário são de preenchimento obrigatório. Após o fornecimento dos dados pessoais o sistema armazena os dados do utilizador e envia um email para o endereço fornecido pelo utilizador com um link de confirmação da conta. Quando o utilizador clicar nesse link a sua conta pessoal este é redirecionado para uma página onde a validação da conta é feita, mudando o estado da conta para ativa.

Tabela 4 - Caso de uso registar na aplicação

Caso de uso – Registrar na aplicação
Descrição: Registo de um novo utilizador na aplicação
Ator: Utilizador
Pré-condições:
Pós-condições: Existe um novo utilizador na aplicação
Cenário de sucesso principal: <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizador preenche o formulário de registo. 2. O sistema valida os dados fornecidos. 3. O sistema regista o novo utilizador. 4. O sistema envia um <i>email</i> para ativação da conta. 5. O utilizador clica no <i>link</i> enviado no email. 6. O sistema ativa a nova conta.
Extensões: <p>2a. Dados inválidos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema apresenta os erros existentes no formulário. 2. É repetido o passo 1.

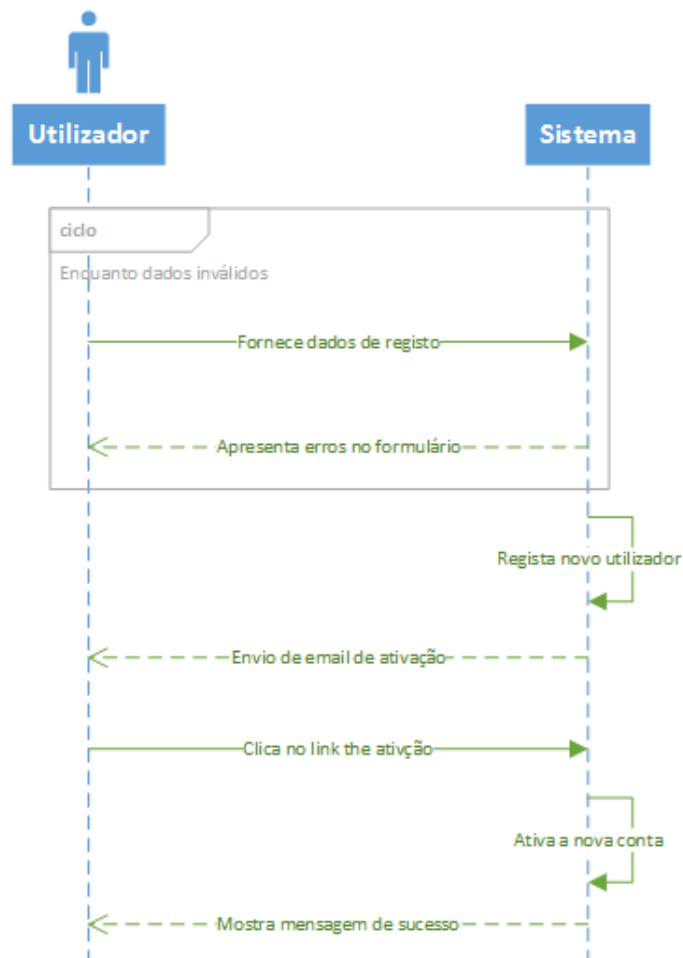


Figura 16 - SSD registo na aplicação

3.1.1.2 CRUD de perfis

Após se autenticar no sistema o utilizador pode criar novos perfis. Estes perfis ajudam o utilizador a mais facilmente obter a informação relevante. Em vez de ter de efetuar sempre as mesmas ações de seleção de informação para consultar a informação, o utilizador pode guardar a pesquisa nos seus perfis e usar sempre que pretender.

Para executar essa ação o utilizador realiza a pesquisa pretendida, depois indica o nome do perfil e seleciona a opção de gravar. Ao aceder à sua página pessoal o utilizador pode visualizar os perfis existentes na sua conta, onde poderá editar ou até mesmo eliminar.

Tabela 5 - Caso de uso CRUD de perfis

Caso de uso – CRUD de perfis
Descrição: Utilizador cria, atualiza e apaga perfis
Ator: Utilizador
Pré-condições: Utilizador tem de estar autenticado no sistema.
Pós-condições:
Cenário de sucesso principal: <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizador preenche o formulário de perfil. 2. O sistema valida os dados. 3. O sistema regista/atualiza o perfil. 4. O sistema atualiza a lista de perfis.
Extensões: <p>2a. Credenciais inválidas</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema mostra uma mensagem de erro 2. É repetido o passo 1.

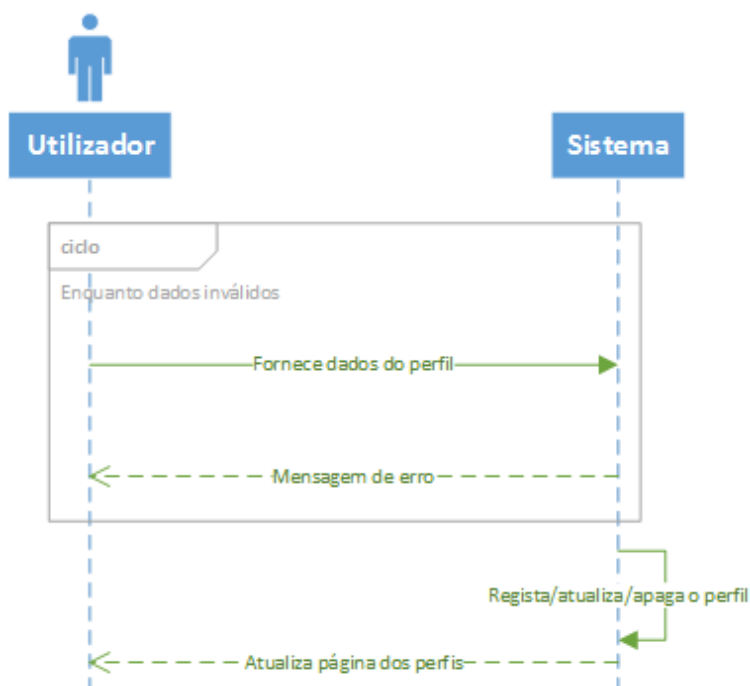


Figura 17 - SSD CRUD de perfis

3.1.1.3 CRUD Notificações

Após se autenticar no sistema o utilizador tem a possibilidade de criar notificações nos seus perfis. Um perfil pode conter várias notificações configuradas. Cada notificação é composta por um *email* que é enviado ao utilizador contendo a informação dos tempos de espera da linha e paragem configuradas no perfil. Esse *email* é enviado no dia e hora que está configurado na notificação.

Para criar uma notificação um utilizador precisa de selecionar um perfil, após essa seleção este poderá adicionar os dias e horas que pretende receber a notificação. O utilizador pode criar, editar ou até mesmo eliminar notificações.

Tabela 6 - Cado de uso CRUD de notificações

Caso de uso – CRUD de notificações
Descrição: Utilizador cria, atualiza e apaga notificações
Ator: Utilizador
Pré-condições: Utilizador tem de estar autenticado no sistema e ter perfis criados.
Pós-condições:
Cenário de sucesso principal: <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizador seleciona um perfil. 2. Sistema apresenta dados do perfil. 3. Seleciona o dia que retende receber a notificação. 4. Seleciona a hora que pretende receber a notificação. 5. O sistema regista a nova notificação no sistema. 6. O sistema atualiza a lista de notificações do perfil.



Figura 18 - SSD CRUD de notificações

Solução

3.1.1.4 Selecionar uma paragem/linha

Para ser possível utilizar a função dos tempos de espera o utilizador necessita selecionar uma paragem/linha. Estas opções são filtradas há medida que são selecionadas, visto que só mostram as paragens que pertencem a uma determinada linha.

Tabela 7 - Caso de uso selecionar paragem/linha

Caso de uso – Selecionar uma paragem/linha
Descrição: Utilizador preenche o formulário de pesquisa
Ator: Utilizador
Pré-condições:
Pós-condições:
Cenário de sucesso principal: <ol style="list-style-type: none">1. Utilizador seleciona uma linha.2. O sistema carrega as paragens correspondentes.3. O utilizador seleciona a paragem pretendida.4. O utilizador realiza a pesquisa.

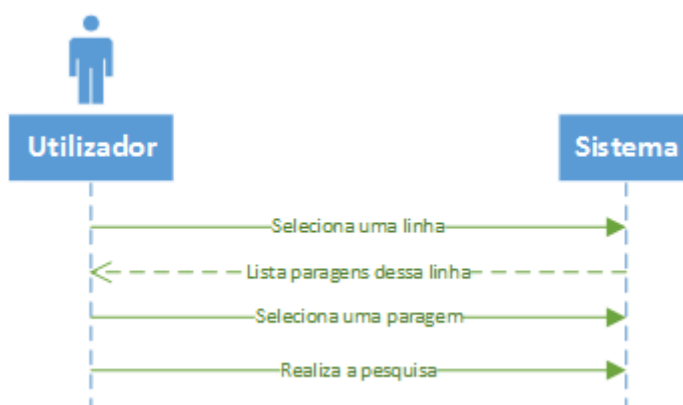


Figura 19 - SSD selecionar paragem/linha

3.1.1.5 Visualizar os tempos de espera em tabela

Após selecionar a opção de pesquisa o sistema apresenta de forma tabular os resultados, onde do lado esquerdo se encontram as paragens e do lado direito o tempo previsto de espera. Esta informação é atualizada em tempo real e a paragem selecionada pelo utilizador aparecerá destacada na tabela de forma a facilitar a sua visualização.

Tabela 8 - Caso de uso visualizar os tempos de espera em tabela

Caso de uso – Visualizar os tempos de espera em tabela
Descrição: Utilizador visualiza os tempos de espera numa tabela
Ator: Utilizador
Pré-condições: Preenchimento do formulário de pesquisa
Pós-condições:
Cenário de sucesso principal: <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizador efetua uma pesquisa. 2. O sistema carrega uma tabela com as paragens na coluna da esquerda. 3. O sistema apresenta os autocarros e tempos de espera da linha na coluna da direita. 4. O sistema destaca a paragem selecionada pelo utilizador.

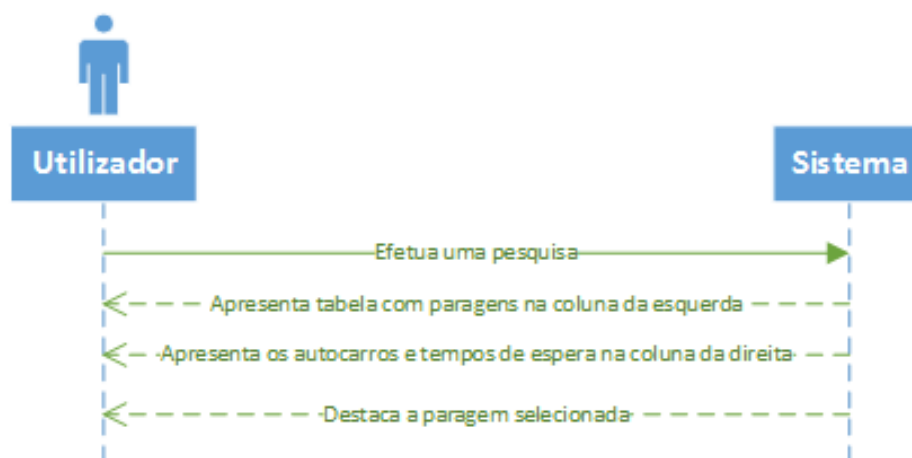


Figura 20 - SSD visualizar os tempos de espera em tabela

3.1.1.6 Visualizar os tempos de espera no mapa

Após selecionar a opção de visualização em mapa o sistema apresenta um mapa com a localização das paragens. Estas paragens encontram-se marcadas no mapa bem como a linha a que correspondem. Após o clique sobre cada uma das paragens é apresentado os tempos de espera associados a essa paragem.

Tabela 9 - Caso de uso visualizar os tempos de espera no mapa

Caso de uso – Visualizar os tempos de espera no mapa
Descrição: Utilizador visualiza os tempos de espera no mapa
Ator: Utilizador
Pré-condições: Preenchimento do formulário de pesquisa
Pós-condições:
Cenário de sucesso principal: <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizador efetua uma pesquisa. 2. Utilizador seleciona a opção mapa. 3. O sistema carrega o mapa focado no local da linha. 4. O sistema desenha a linha no mapa. 5. O sistema desenha as paragens no mapa com <i>popup</i> para visualizar os tempos de espera.

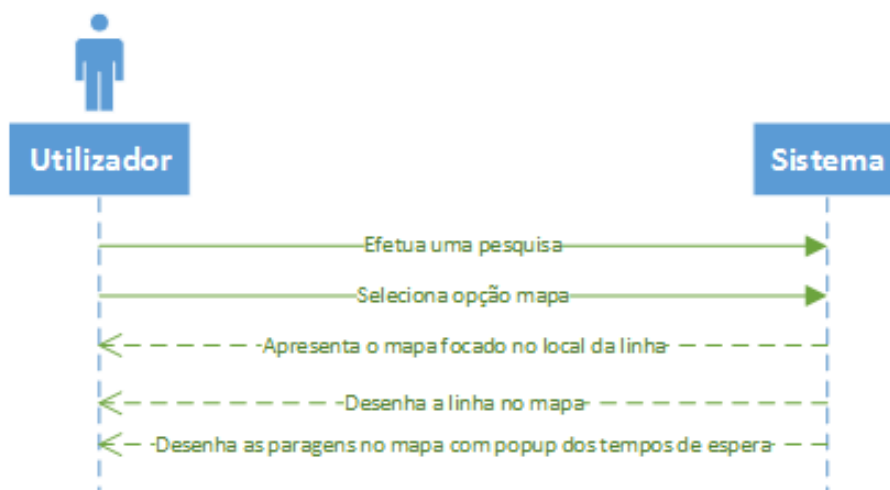


Figura 21 - SSD visualizar os tempos de espera no mapa

3.1.1.7 Visualizar os tempos de espera na espinha

Após selecionar a opção de visualização em espinha o sistema desenha uma espinha contendo todas as paragens da pesquisa, onde em cada paragem é listado os tempos de espera. Para fácil identificação da paragem selecionada esta encontra-se destacada na espinha.

Tabela 10 - Caso de uso visualizar os tempos de espera na espinha

Caso de uso – Visualizar os tempos de espera na espinha
Descrição: Utilizador visualiza os tempos de espera na espinha
Ator: Utilizador
Pré-condições: Preenchimento do formulário de pesquisa
Pós-condições:
Cenário de sucesso principal: <ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizador efetua uma pesquisa. 2. Utilizador seleciona a opção espinha.

3. O sistema desenha a espinha da linha na vertical.
4. O sistema apresenta as paragens e respetivos tempos de espera do lado direito da linha.

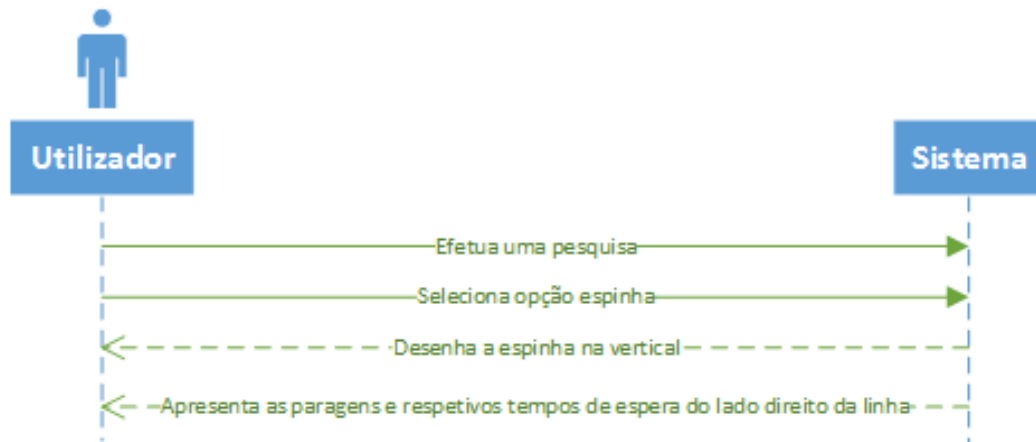


Figura 22 - SSD visualizar os tempos de espera na espinha

3.1.2 Requisitos Não Funcionais

Os requisitos não funcionais expressam como determinadas tarefas devem ser executadas na aplicação. Relacionam-se com padrões de qualidade como segurança, manutenção, confiabilidade, usabilidade, desempenho, armazenamento e disponibilidade.

3.1.2.1 Desempenho

O sistema deve suportar que múltiplos utilizadores possam aceder à informação no mesmo intervalo de tempo.

Todas as operações de cálculos matemáticos e apresentação de resultados efetuados na aplicação devem ser processadas no prazo máximo de três segundos. Idealmente, todo este processo deve estar o mais otimizado possível para que o utilizador não se aperceba de qualquer atraso na resposta.

3.1.2.2 Segurança

Todos os utilizadores que pretendam ter acesso à funcionalidade de perfis têm de estar registados no sistema. Cada utilizador só terá acesso aos seus próprios dados.

Cada registo no sistema terá de ser verificado através de um *email* enviado ao utilizador, diminuindo assim os registos com tendências maliciosas.

O acesso aos servidores da plataforma deve ser limitado somente a administradores bem identificados.

Solução

3.1.2.3 Armazenamento

Todos os dados de cada utilizador estarão guardados numa base de dados relacional gerida por um sistema de gestão de base de dados (SGBD).

3.1.2.4 Manutenção

O método de atualização do sistema deve ser realizado de forma a nunca interromper os seus serviços. Caso a atualização necessite interromper os serviços temporariamente, esta deve ser realizada na altura do dia onde a probabilidade de haver um número elevado de utilizadores a usar seja pequena.

Deve existir um plano de cópia e restauro da informação que garanta uma retenção de 30 dias das cópias efetuadas diariamente.

3.1.2.5 Usabilidade

A interface da aplicação deve ser simples e de fácil utilização. Terá um conjunto de cores de fácil leitura, e todas as funcionalidades estarão organizadas de uma forma em que seja intuitiva a sua utilização. Todas as mensagens de erro geradas pela aplicação têm de ser informativas.

A interface do sistema deve-se ajustar a múltiplos tipos de ecrã e dispositivos.

3.1.2.6 Confiabilidade

A aplicação terá de ser capaz de efetuar um controlo dos dados inseridos pelos utilizadores de forma a minimizar a corrupção de dados no sistema. As submissões efetuadas pelos utilizadores devem desencadear operações transacionais nas bases de dados, deixando permanentemente o sistema num estado íntegro. Terá também de ser capaz de continuar o seu funcionamento caso surja algum erro de comunicação com a base de dados.

É necessário que a aplicação tenha uma taxa de falhas muito reduzida e apresente uma baixa indisponibilidade, requisito esse que não pode ser cumprido pela aplicação mas sim pelo sistema onde está instalada.

3.1.2.7 Disponibilidade

- Em qualquer parte do mundo
- Sem instalação ou instalação mínima
- Multi-plataforma (PC, Mobile)
- Multi-sistema operativo (por exemplo Linux, Windows, OSX, Android)

3.2 Análise

A análise aqui exposta foi efetuada tendo como suporte a informação recolhida durante a elaboração dos casos de uso descritos na secção anterior. A partir dos casos de uso foi progressivamente possível identificar as classes conceptuais candidatas e suas associações.

Com essa informação criou-se um modelo de domínio que representa a sistematização apresentada, nomeadamente no que respeita à identificação das relações e ao papel que as entidades desempenham nessa relação. Esse modelo de domínio é apresentado na figura seguinte.

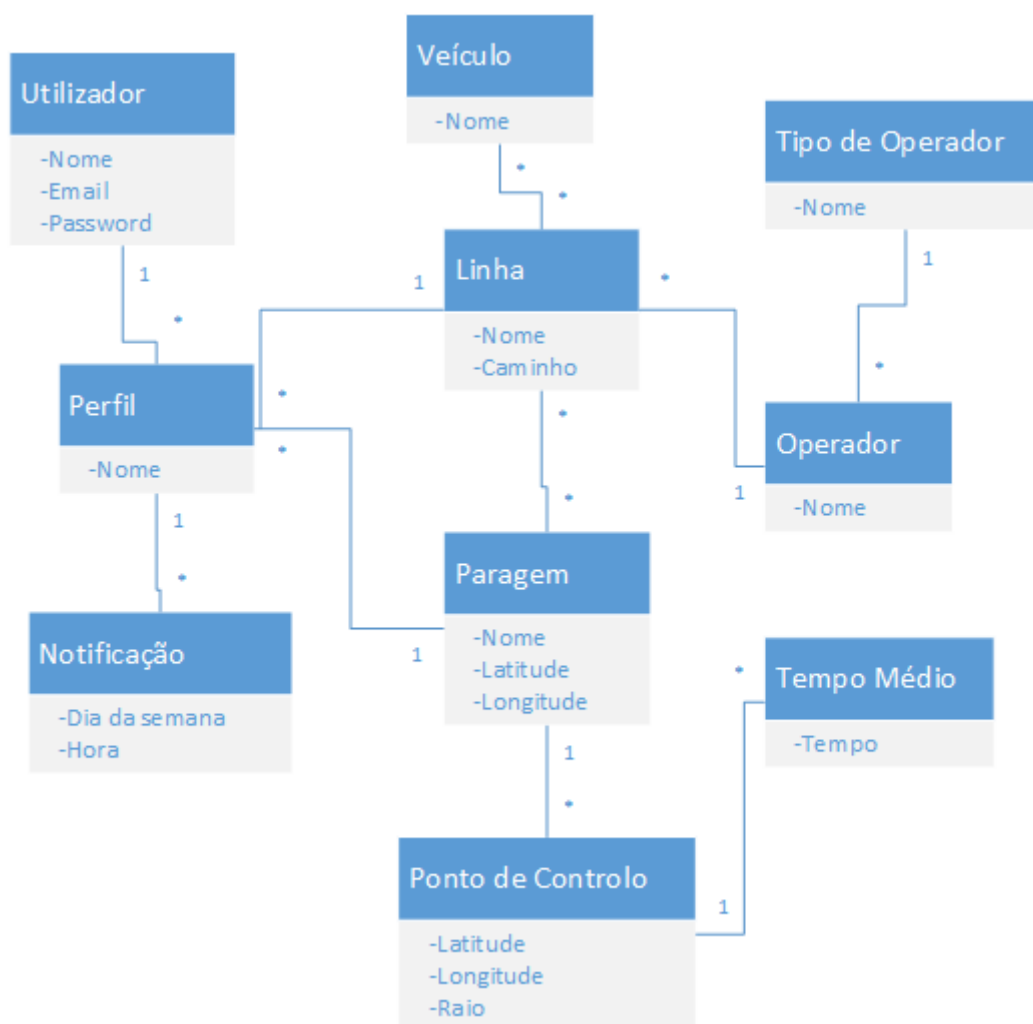


Figura 23 - Modelo de Domínio

Após o estudo do modelo de domínio apresentado podemos tirar algumas conclusões sobre a relação existente entre as entidades.

De forma a ser possível criar os percursos que serão transitados pelos veículos é necessário conhecer o operador e tipo de operados associados. Cada linha corresponderá a uma rota que

pode ser realizada por um veículo. Esta é composta por um certo número de paragens que por sua vez podem pertencer a outras linhas.

O ponto de controlo pertence sempre a uma paragem, e terá a ele associado um conjunto de tempos de passagem dos veículos. Uma paragem pode conter vários pontos de controlo, que podem ser usados caso a distância entre duas paragens seja elevada, de forma a ter um controlo mais apertado do percurso.

O utilizador do sistema pode ter vários perfis. Cada perfil é constituído por uma linha e paragem, e pode ter a ele associado várias notificações.

3.3 Arquitetura

3.3.1 Descrição do Funcionamento do Sistema

O sistema de cálculo de tempo de espera foi implementado recorrendo a dados de rastreamento fornecidos pela solução 4Tracking. Recebendo como dados de entrada as coordenadas e identificação de um veículo, o sistema verifica se esse veículo se encontra em circulação e se se encontra a fazer algum serviço num determinado percurso.

Recorrendo a uma base de dados onde estão configuradas as paragens e rotas que podem ser realizadas pelos veículos para cálculo de tempo de espera, o sistema efetua uma verificação para apurar a posição atual do veículo na rota, e de acordo com os históricos das viagens já realizadas pelo mesmo nesse percurso, efetua um cálculo de previsão de chegada às próximas paragens.

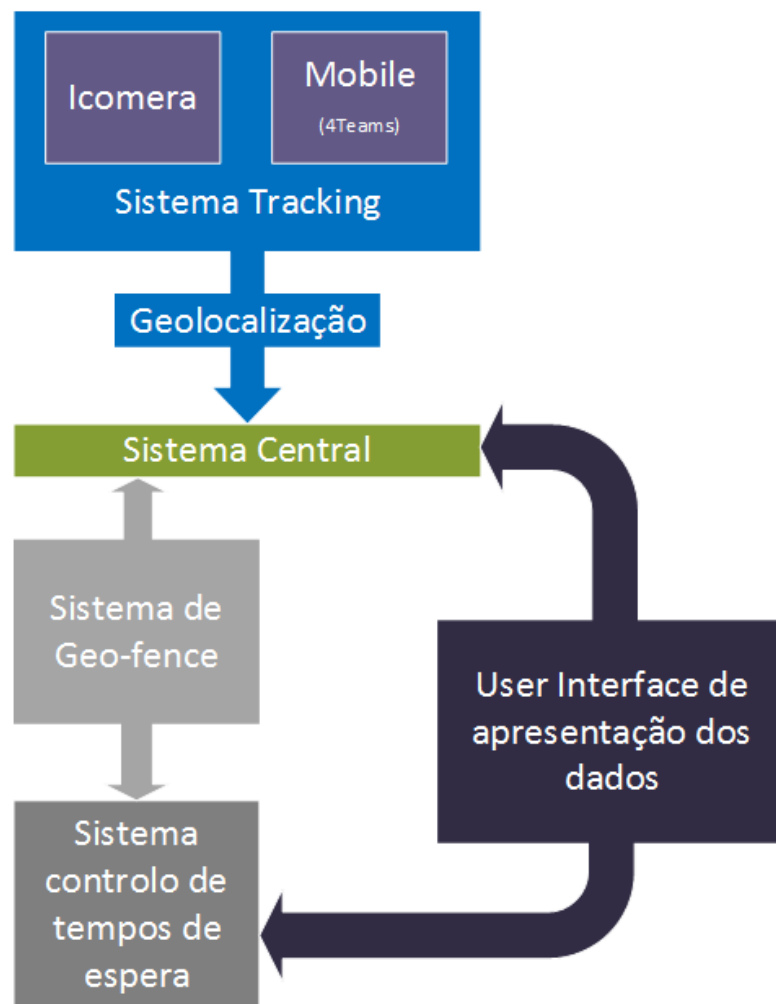


Figura 24 - Sistema Tempos de tempos de espera

Como podemos analisar na figura anterior, existe um sistema de rastreamento que é responsável por fornecer a identificação e localização de um determinado veículo.

O sistema de *tracking* é constituído por duas ferramentas que fornecem dados em tempo real sobre a identificação e localização de um determinado veículo, normalmente a troca destas mensagens encontra-se configurada para ser realizada de 5 em 5 segundos, mas pode ser alterada de forma a satisfazer as necessidades do utilizador.

As duas ferramentas responsáveis pelo envio destes dados são o Icomera¹⁷ e o 4Teams¹⁸.

O Icomera é um sistema que é instalado dentro dos autocarros para que este veículo possa ser localizado em qualquer altura e também para dar a possibilidade dos passageiros terem acesso à internet (Hall, 2014).

¹⁷ <http://www.icomera.com/>

¹⁸ <http://www.beware.pt/projects/4teams.html>

Solução

O 4Teams é uma aplicação desenvolvida pela BEWARE para android¹⁹ que tem como principal objetivo fazer o rastreamento de um veículo durante uma rota.

Estas duas ferramentas completam-se, visto que caso um veículo não esteja equipado com o Icomera, só necessita de um telemóvel android e a aplicação do 4Teams instalada para poder começar a ser detetado.

As duas ferramentas fornecem os dados de identificação e localização de um veículo onde depois são processados no sistema de *tracking* de forma a eliminar coordenadas que contenham algum tipo de erro, ou mesmo coordenadas repetidas ao longo de um período de tempo, reduzindo depois o número de coordenadas fornecidas aos sistemas externos para consulta, minimizando o tempo de processamento e aumentando o desempenho dos mesmos.

Depois deste processamento é criado um objeto de geolocalização que é enviado para o sistema central para uma fila de coordenadas à espera de serem processadas. Este objeto é constituído por um conjunto de atributos relacionados com a localização de um veículo. Com esta informação é possível identificar o equipamento em questão, bem como a sua geolocalização, recorrendo à latitude, longitude e altitude. Outra informação que também pode ser consultada é a matrícula do veículo e a velocidade a que este se deslocava quando foi registada a coordenada.

O Sistema de cálculo dos tempos de espera é constituído por dois módulos: sistema de *geo-fence* e sistema de controlo de tempos de espera.

No sistema de *geo-fence* são analisadas todas as coordenadas que se encontram em fila para serem processadas de forma a serem validadas. O sistema recolhe uma coordenada por veículo de cada vez e verifica se esse veículo se encontra a fazer alguma rota. Caso este esteja a realizar uma rota, então o sistema verifica se existe alguma paragem que se encontre a uma distância mínima de X metros e que tenha uma ordem no percurso maior que a última paragem validada.

Cada vez que esta regra seja cumprida o sistema regista que o veículo se encontra nessa paragem, ou se o sistema já tiver esse registo, atualiza a hora de chegada à paragem. Caso o veículo ainda não tenha iniciado um serviço então o sistema verifica se existe alguma paragem marcada como início que se encontre a menos de X metros, caso haja, então é iniciado um novo serviço.

¹⁹ <http://www.android.com/>

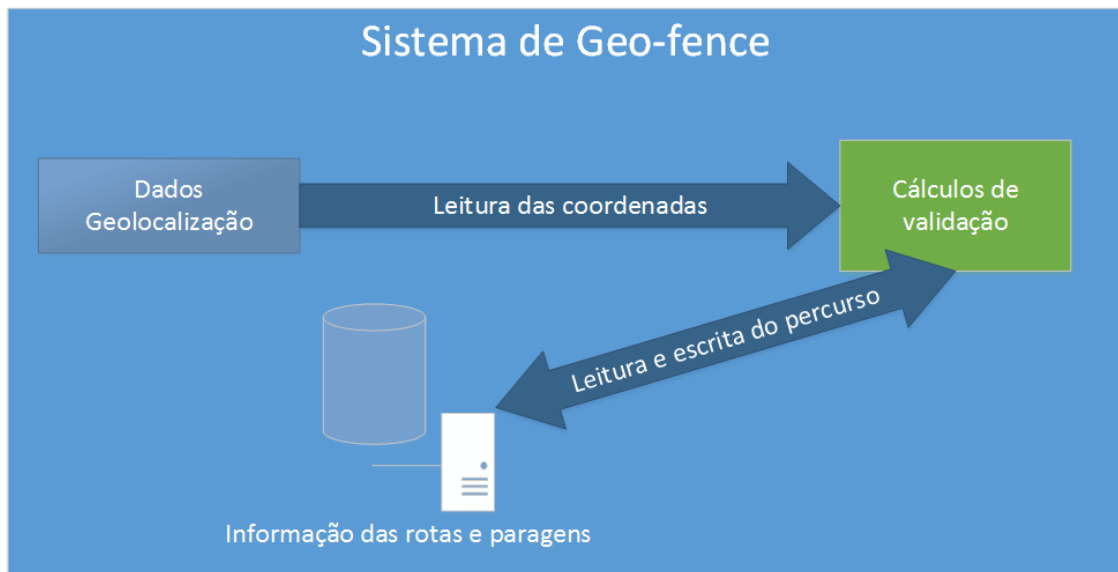


Figura 25 - Sistema de Geo-fence

Após a finalização do processo de geo-fence, os dados de identificação do veículo e o tempo das coordenadas validadas são passadas para o sistema de controlo de tempos de espera. Este sistema utiliza o histórico de um determinado veículo para calcular a previsão de chegada às paragens da sua rota. Como um veículo se encontra associado a uma rota, o sistema utiliza o histórico das últimas 10 viagens desse veículo nessa rota para realizar uma previsão de chegada.

A previsão é calculada para toda a rota logo que o serviço se inicie, ao longo do percurso cada vez que é detetado que o veículo chegou a uma determinada paragem o sistema realiza os novos cálculos para as paragens seguintes de forma a atualizar a sua previsão. Esta atualização de dados faz com que a margem de erro diminua consideravelmente, visto que as variáveis que existem ao longo do percurso são imensas, o que podem gerar atrasos.

Tanto a hora de previsão como a hora de chegada do veículo são registados, de forma a futuramente verificar a competência do algoritmo, verificando se existem desvios muito significativos na previsão. Estes desvios podem acontecer devido a inúmeros fatores, alguns exemplos são:

- Trânsito, obras, acidentes
- Falha na deteção de uma ou mais paragens
- Problemas no veículo
- Alterações no percurso

Existem muitas variáveis em questão que intervêm na realização de um percurso e para o cálculo de previsões de chegada. Algumas são facilmente detetadas e podem ser corrigidas,

Solução

outras podem surgir de forma pontual dependendo de acontecimentos inesperados que possam surgir.

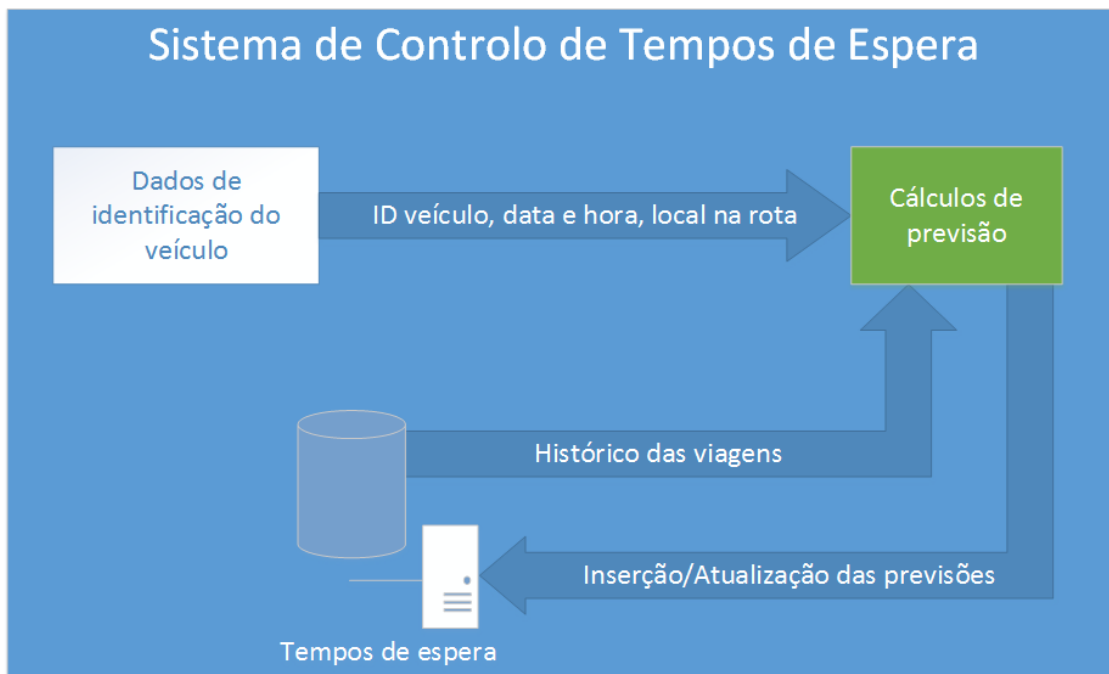


Figura 26 - Sistema de Controlo de Tempos de Espera

Todo este processo é realizado de forma independente da UI do utilizador. O processo encontra-se em funcionamento no servidor 24 horas por dia de forma independente, fazendo com que o utilizador não fique dependente deste processo para poder realizar a consulta de informação.

Todo o processo foi levado em conta de forma a não penalizar a interação do utilizador com o sistema. Estando o sistema de cálculos e a UI a serem executados em processos separados faz com que não exista atraso na troca de informação entre a aplicação e o servidor o que faz com que a aplicação possa processar a informação de forma mais rápida.

De forma a estruturar melhor o acesso ao sistema de tempos de espera foi desenvolvida uma API de acesso, fazendo com que todos os sistemas externos que venham a ser desenvolvidos usem a mesma API para a troca de mensagens.

A UI do utilizador foi desenvolvida em ambiente web, com a característica de ser flexível, de forma a se conseguir ajustar conforme o ecrã do utilizador. Como estamos numa era onde os *smartphones* e os *tablets* são dispositivos bastante utilizados, faz sentido que a aplicação web esteja adaptada a este fator.

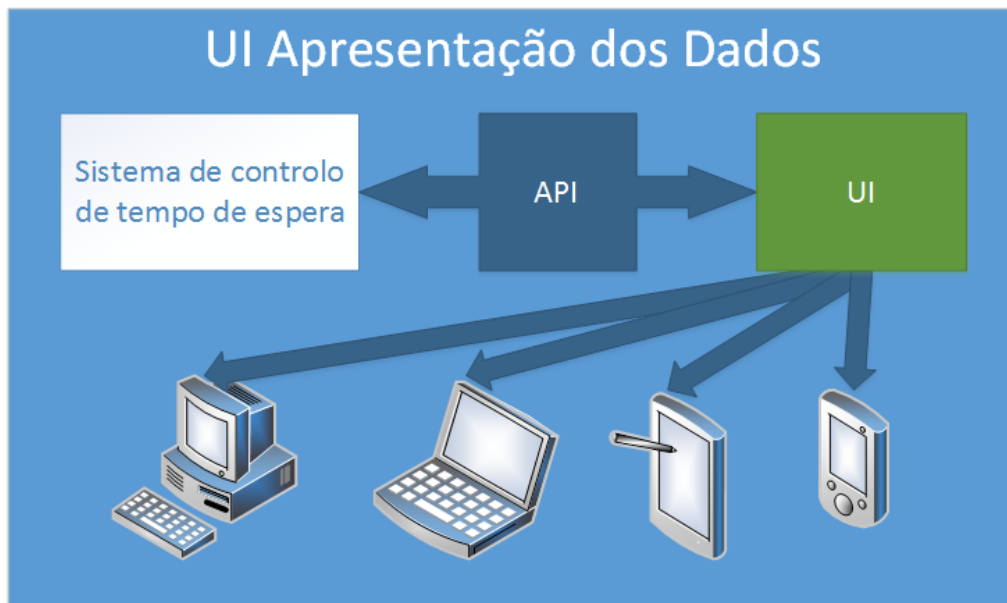


Figura 27 - UI Apresentação dos Dados

Para o desenvolvimento da aplicação aplicou-se o padrão MVC. MVC é um conceito (paradigma) de desenvolvimento e *design* que tem como principal objetivo a separação da aplicação em três partes distintas.

Uma parte, a *Model*, é a camada que abrange a lógica da aplicação, é responsável pelas regras de negócio, representa a informação dos formulários e as regras SQL para manipular dados da base de dados, mantém o estado persistente do negócio e fornece ao controlador a capacidade de utilizar as funcionalidades da aplicação.

Outra parte, a *View*, é a camada de apresentação da informação ao utilizador, é a interface que permitirá a introdução de dados e visualização das respostas da aplicação.

A última parte, o *Controller*, é o intermediário entre a camada de apresentação e a camada de negócios, onde tem como função coordenar o envio de pedidos feitos entre a *View* e o *Model*.

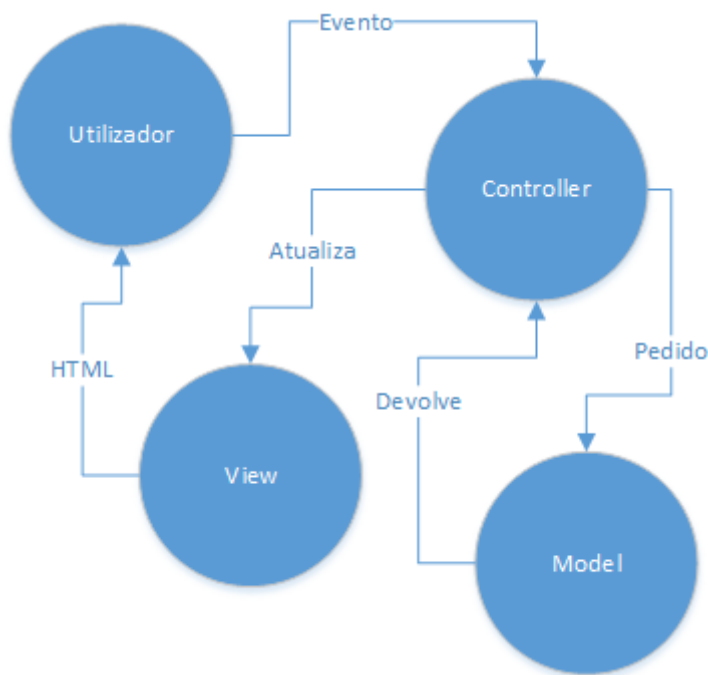


Figura 28 - MVC

Na figura apresentada acima, está demonstrado a sequência de eventos que são utilizados no uso deste padrão.

Como podemos visualizar, o utilizador efetua uma ação na página em que se encontra. Esta ação é recolhida pelo *controller* que analisa e toma uma decisão sobre o que é necessário fazer. Caso seja necessário a obtenção de dados, o *controller* faz um pedido ao *model* para obter essa informação. O *model* analisa o pedido, e devolve para o *controller* a informação relevante de forma estruturada. Com essa informação o *controller* atualiza os controlos que estão implementados na *view* com a nova informação. A *view* cria o código HTML atualizado com as alterações feitas pelo *controller* e apresenta ao utilizador.

3.3.2 Design

Uma vez distinguidos os casos de uso da aplicação, onde também estão descritas as funcionalidades do mesmo, será agora apresentada a forma de como todos os processos são executados na aplicação.

Diagramas de sequência relativos às ações do utilizador em relação ao Registo e CRUD de Perfis são muito semelhantes e de pouca complexidade pelo que não serão apresentados.

Um outro tipo de atividade distinto é a pesquisa dos tempos de espera. Os diagramas de sequência apresentados a seguir mostram o fluxo de trabalho da informação aquando da interação do utilizador com a aplicação.

A visualização dos dados pode ser feita através de 3 vistas diferentes (tabela, espinha e mapa), mas o modo de pesquisa usado é o mesmo, pelo que será apresentado a seguir o SD relativo à pesquisa, seguido depois pelos SD's de visualização de dados.

É através deste processo que toda a informação sobre os tempos de espera e localização do veículo é adquirida. Este processamento é executado cada vez que o utilizador pretender visualizar os tempos de espera de uma determinada paragem, ou quando o sistema automaticamente atualiza a página com novas previsões.

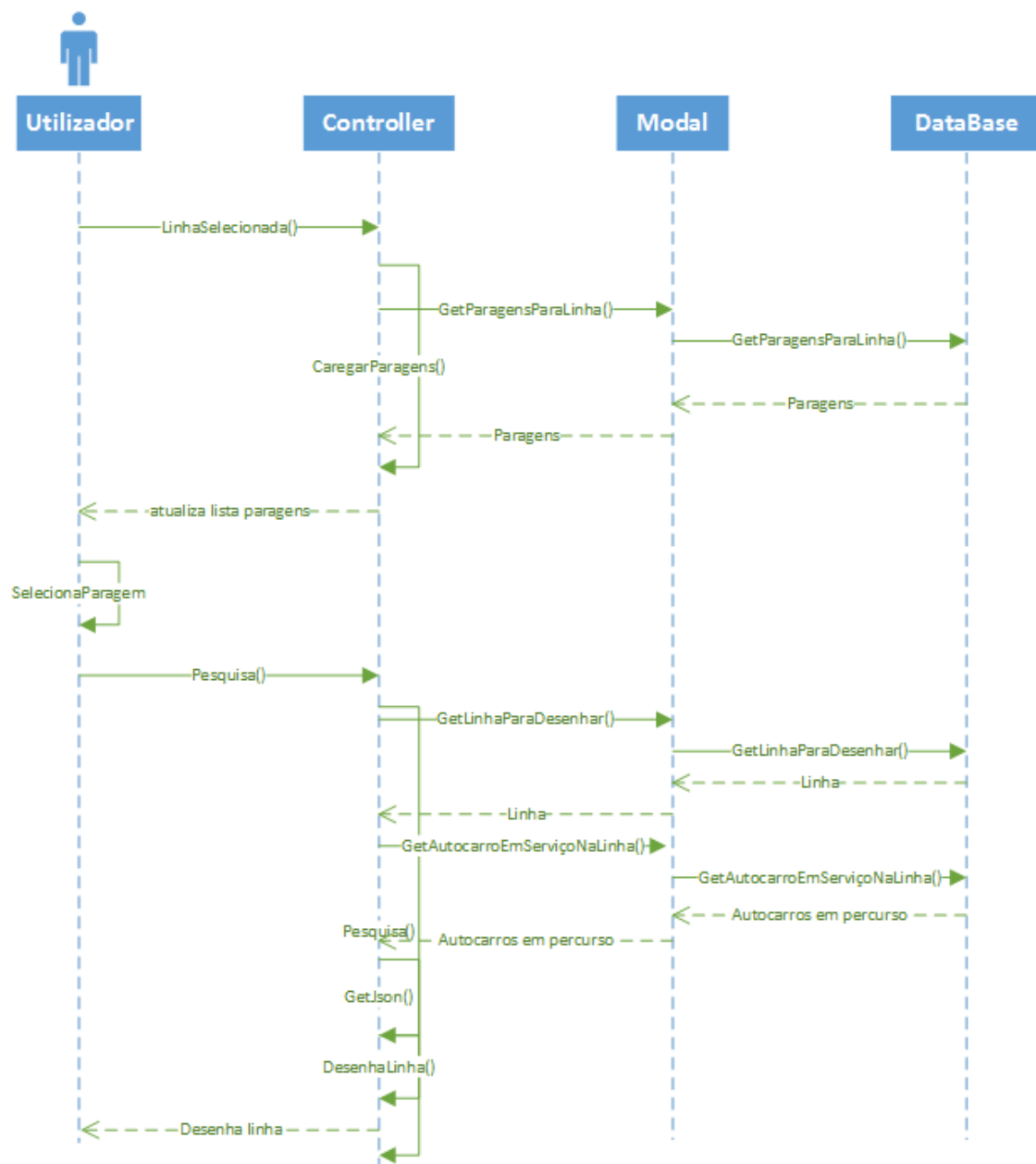


Figura 29 - SD Pesquisa

Solução

Após o processamento da pesquisa terminar, os dados são passados para o *browser* do utilizador de forma a serem apresentados nas 3 vistas possíveis. De seguida são apresentados os SD's responsáveis por essas vistas.

A vista tabular dos dados é a forma mais simples de visualização. Existe uma tabela pré-carregada na página que será utilizada para o carregamento dos dados. A tabela terá duas colunas que corresponderão às paragens e tempos de espera respetivamente. O número de linhas da tabela corresponderá ao número de paragens existentes na linha selecionada. Por cada célula, serão adicionados os tempos de espera correspondentes à paragem que se encontra nessa linha.

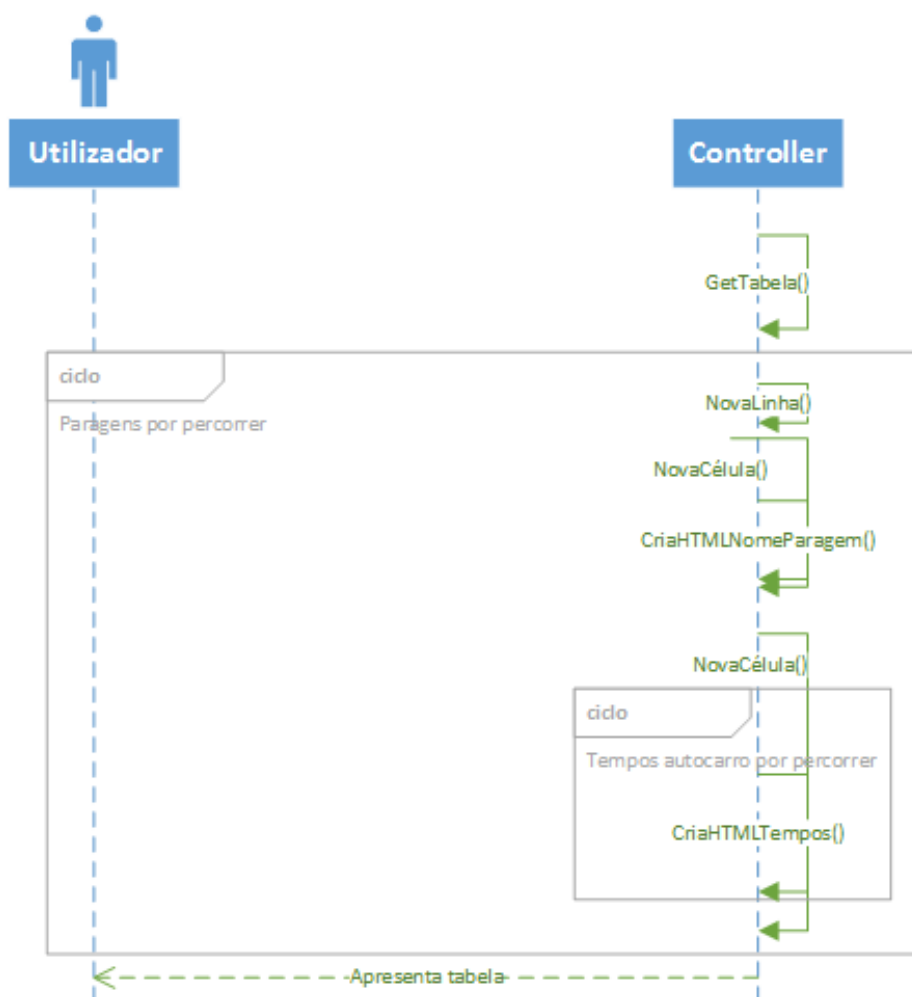


Figura 30 - SD Vista Tabela

Para a visualização em espinha é criada uma tabela. Semelhante à vista em tabela, esta será constituída por duas colunas, onde serão apresentados os desenhos gráficos e paragem com tempos de espera respetivamente. Cada paragem terá associada a ela um círculo, e cada tempo de espera terá associado a ele um retângulo.

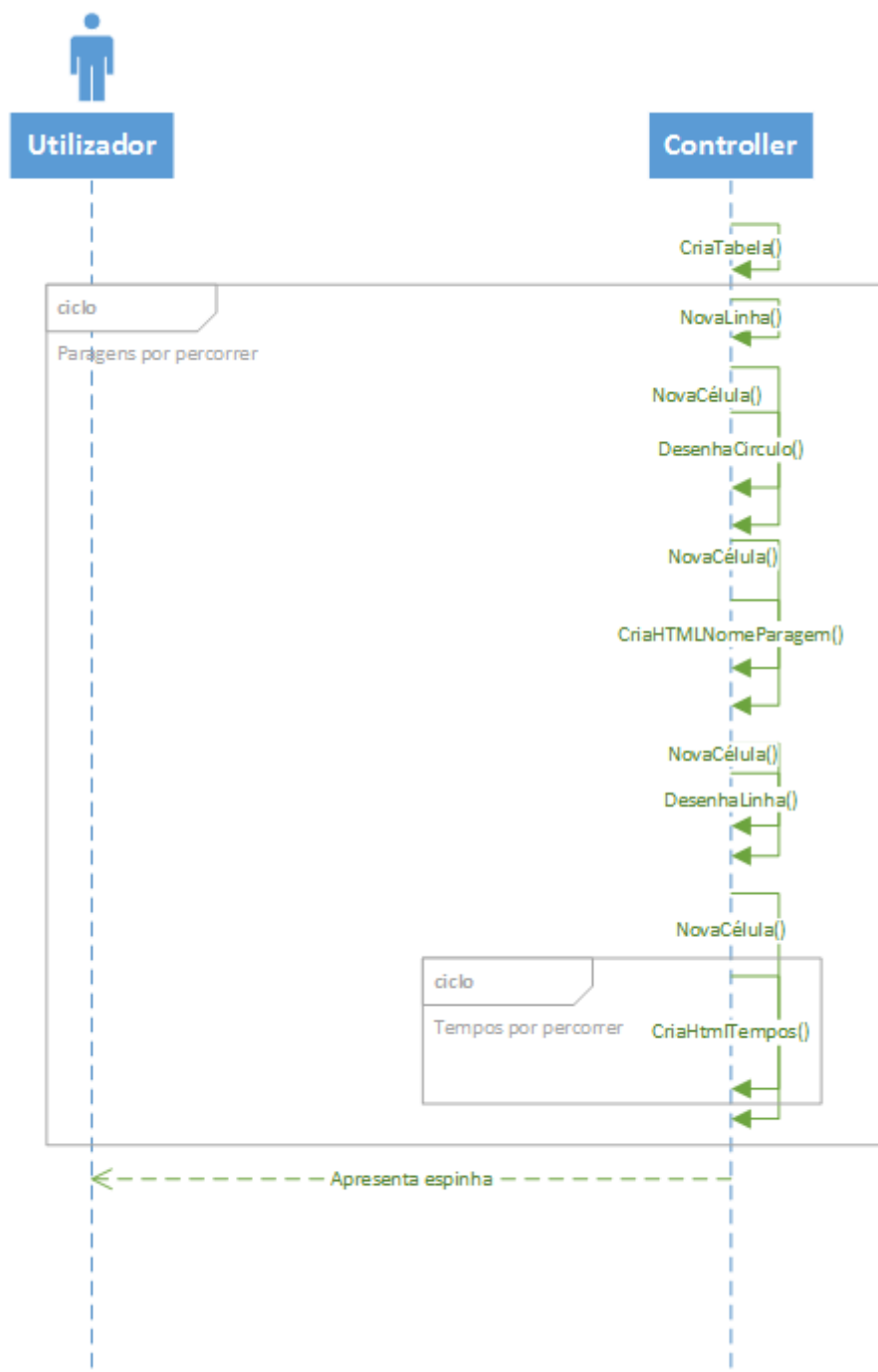


Figura 31 - SD Vista Espinha

A visualização em mapa é utilizada recorrendo às imagens disponibilizadas pelo OSM²⁰. Após o carregamento das imagens é desenhado no mapa uma linha correspondente ao trajeto que será efetuado pelo veículo. De seguida são desenhados pontos com um nome e número associado, correspondente ao nome da paragem e ordem de passagem. Estes pontos têm uma

²⁰ <http://www.openstreetmap.org/>

Solução

popup adicionada que é apresentada quando o utilizador passa o ponteiro do rato por cima. Após essa ação, é apresentada a *popup* que contem os tempos de espera dessa paragem.

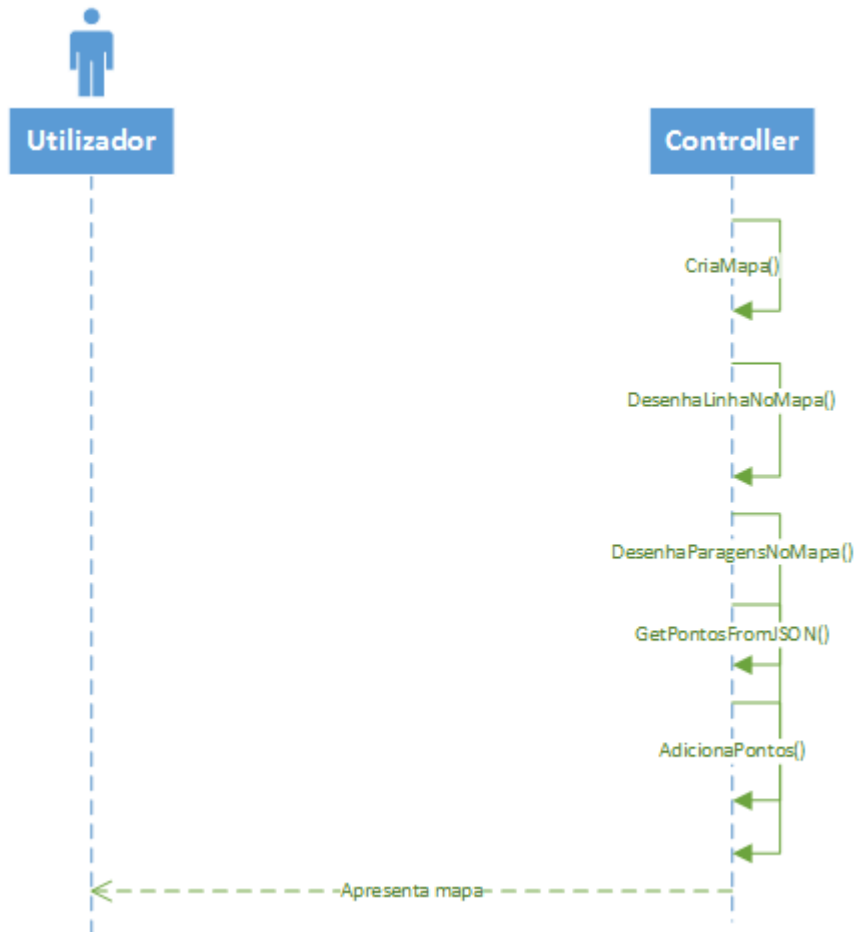


Figura 32 - SD Vista Mapa

3.4 Modelo de Dados

Como referido anteriormente, o sistema utiliza uma base de dados de forma a armazenar toda a informação relativamente aos percursos realizados pelos veículos bem como todos os cálculos de previsão de chegada realizados. Para que o sistema estivesse bem estruturado foi necessário elaborar um modelo de dados de forma a ficar bem explícito as características do sistema.

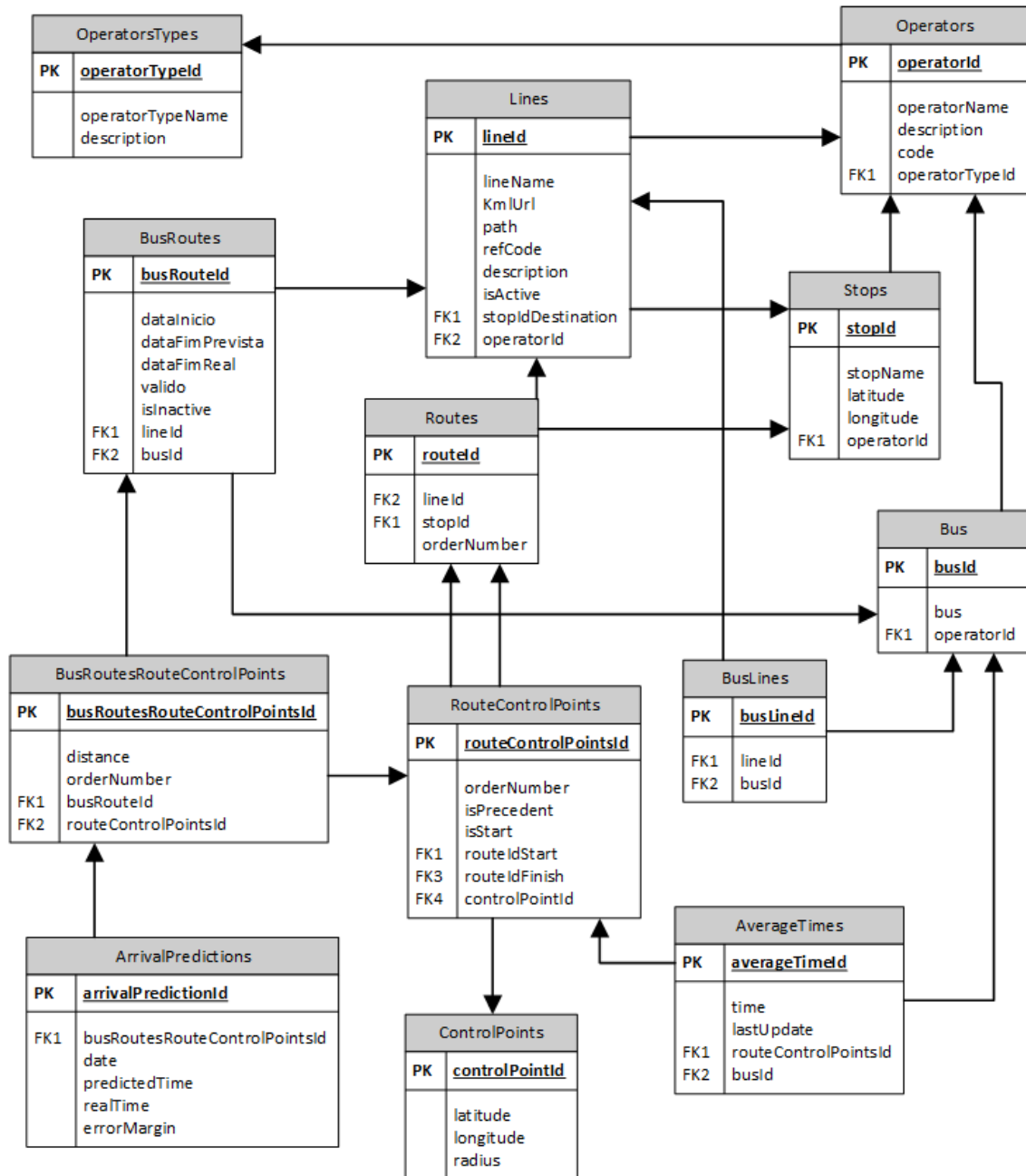


Figura 33 - Modelo de dados de tempos de espera

Como podemos observar na figura acima existem 5 tabelas que são responsáveis pelo armazenamento de informação das rotas: *OperatorsTypes*, *Operators*, *Stops*, *Lines*, *Routes*. Estas tabelas contêm informação sobre o percurso de uma linha de um determinado operador, seguindo uma ordem de passagem nos vários locais definidos que se encontram georreferenciados.

Seguido temos 5 tabelas responsáveis pelo controlo do veículo ao longo do percurso: *Bus*, *BusLines*, *AverageTimes*, *ControlPoints*, *RouteControlPoints*. Cada rota pode ter configurada vários pontos de controlo entre paragens, onde em cada ponto de controlo é registado a hora

Solução

de chegada do veículo. Quando o sistema necessita de realizar o cálculo de previsão de chegada este usa o histórico desse veículo no ponto de controlo corrente para fazer a previsão para as restantes paragens.

Por fim temos as 3 tabelas que registam a viagem realizada pelo veículo: *BusRoutes*, *BusRoutesRouteControlPoints*, *ArrivalPredictions*. É com a informação contida nestas tabelas que podemos saber a que distancia o veículo passou de cada ponto de controlo, fazendo com que seja mais fácil detetar possíveis mudanças no local das paragens ou até mesmo alterações de percurso, e também o início e fim de cada viagem com o registo da hora de passagem real e prevista em cada paragem do percurso.

Para além do modelo de dados de tempos de espera foi necessário elaborar um segundo modelo de dados para a criação da aplicação web da solução.

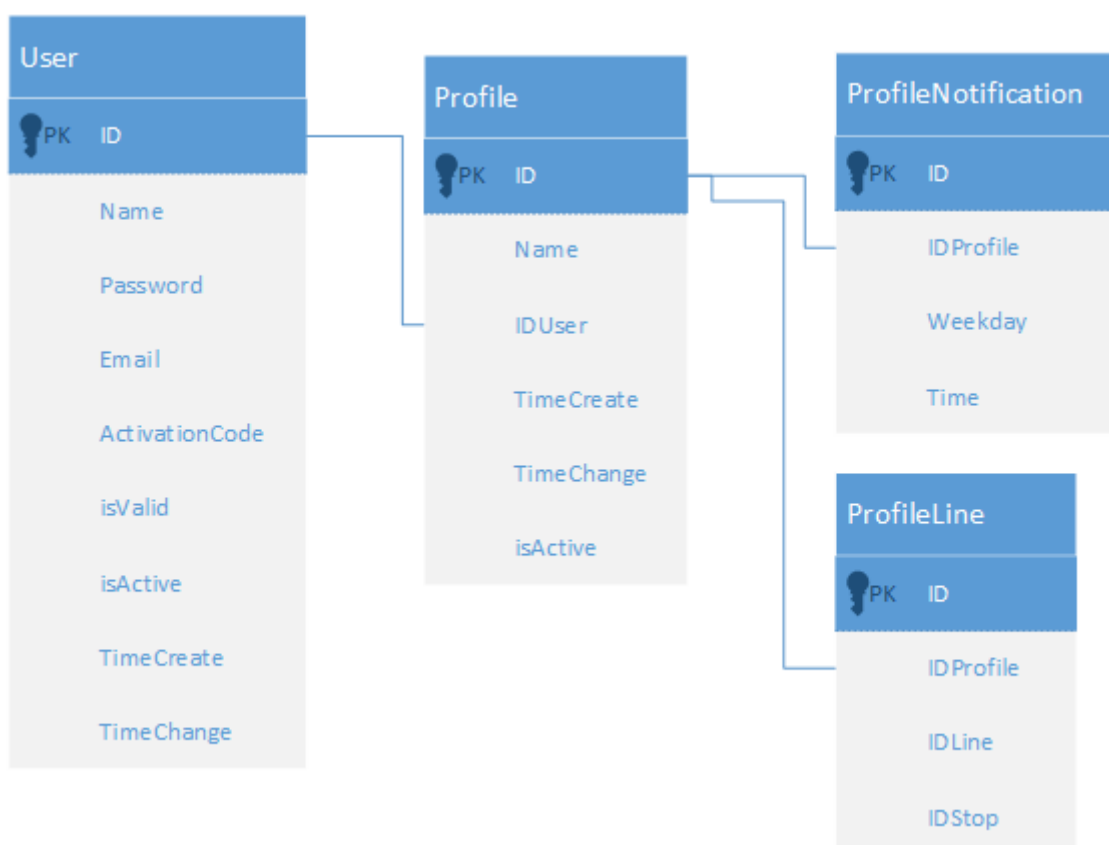


Figura 34 - Modelo de dados da aplicação web

Como podemos observar na imagem acima existem 4 tabelas que são responsáveis por dar suporte à aplicação web.

Na tabela *User* são onde se encontram guardados todos os dados fornecidos na altura do registo de um utilizador. O campo *ActivationCode* é um código gerado automaticamente na altura do registo que depois é concatenado com um *url* que é enviado para o *email* do utilizador para

este poder validar o seu registo e ativar a sua conta. Os campos *isValid* e *sActive* são duas *flags* usadas para saber se a conta já foi ativada e se esta se encontra apagada respetivamente.

As tabelas *Profile*, *ProfileLine* e *ProfileNotification* são responsáveis pelo armazenamento da informação relativa a um perfil criado pelo utilizador. A tabela *Profile* contém a informação do nome do perfil a que utilizador esse perfil pertence, a tabela *ProfileLine* contém que linha e paragem estão configuradas para esse perfil e a tabela *ProfileNotification* contém o dia da semana e a hora que o utilizador pretende receber um *email* com a previsão de chegada para a linha e paragem configuradas para esse perfil.

3.5 Serviço de Controlo do Percurso

Como mencionado anteriormente, o sistema está desenhado para fazer o processamento de determinadas ações de forma independente. Para que seja possível realizar os cálculos de previsão de chegada, antes é necessário fazer *tracking do* veículo em questão ao longo do percurso e verificar se este passa pelos pontos de controlo.

Para esse facto foi desenvolvido um *Windows service* capaz de receber a informação de um veículo em tempo real e processar o seu progresso ao longo do tempo. O serviço recebe como dados de entrada uma lista de objetos onde cada objeto corresponde a uma mensagem contendo a informação de um veículo. Esta informação corresponde a um identificador do veículo, a coordenada atual e a data e hora dessa coordenada. Após obter essa informação o serviço verifica se essa viatura se encontra a realizar algum percurso, caso esteja, estes dados são enviados para o servidor de base de dados de forma a atualizar a sua posição ao longo do percurso, caso não esteja a realizar nenhum percurso, o sistema envia para o servidor de base de dados a informação do transporte de forma a validar se este vai iniciar algum percurso ou se a coordenada é para ser descartada.

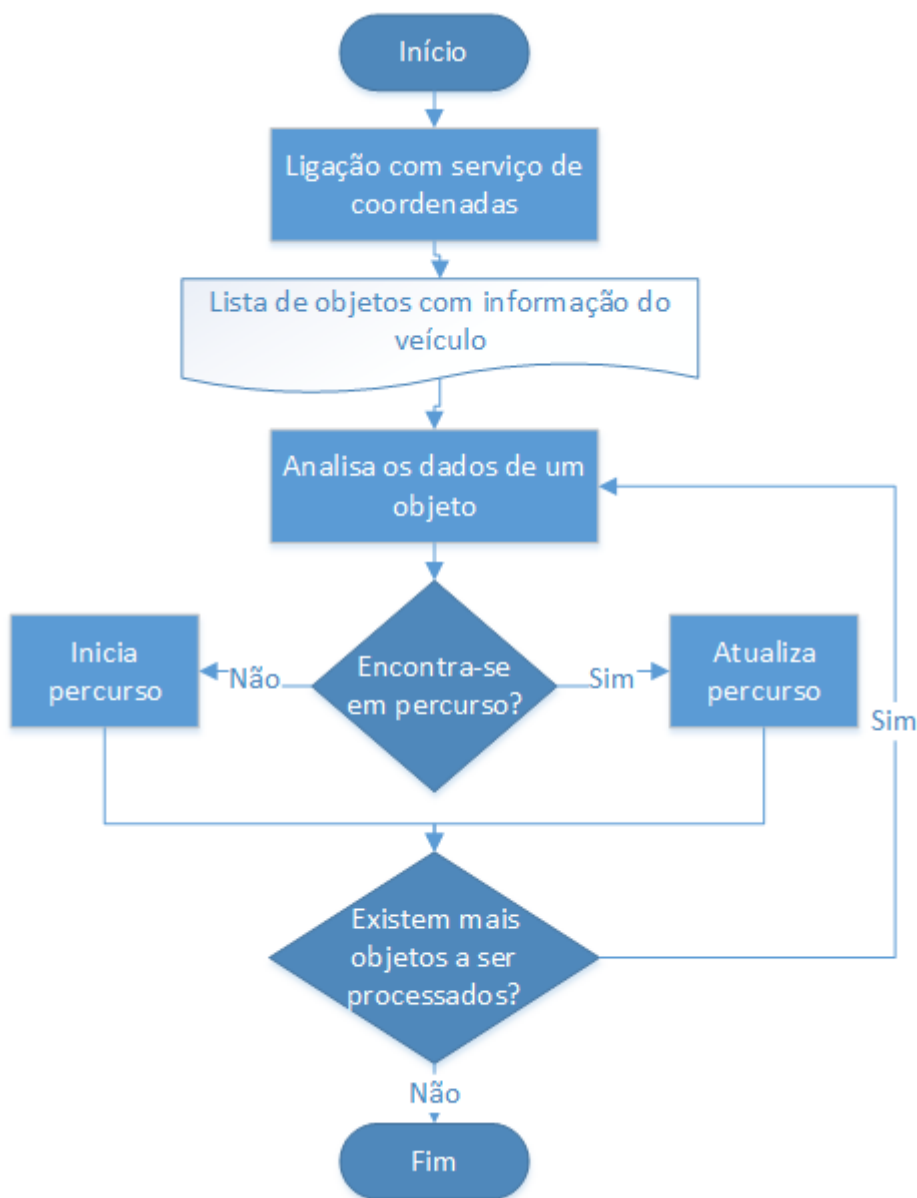


Figura 35 - Fluxograma Serviço de controlo do percurso

É tomada a decisão de início de percurso caso as coordenadas passem o sistema de validação. Primeiro são seleccionadas as paragens que estão configuradas como paragens de início. Uma rota pode ser começada em diferentes paragens.

Após a seleção das paragens de início, uma coordenada só é processada se esta se encontrar a uma distância de X metros de distância de uma destas paragens. Este parâmetro de X metros encontra-se configurado para cada ponto de controlo, e pode ter valores diferentes dependendo da rota que se está a realizar. Usando o algoritmo de Haversine, por ordem em que as paragens se encontram na rota, é calculada a distância entre elas e a coordenada recebida. O primeiro cálculo que cumprir a distância de X metros é onde é iniciado o serviço, registando a hora de chegada a essa paragem.

Quando o sistema tem conhecimento que o veículo já se encontra em percurso, então este tentará situá-lo dentro da rota. A lógica de processamento é semelhante à de início de serviço. O sistema seleciona a paragem onde a viatura foi detetada pela última vez, de seguida efetua o cálculo para verificar a distância entre a coordenada e a paragem. Caso a distância seja menor ou igual que a que existe em registo, então o sistema atualiza a hora de chegada do veículo a essa paragem, mas se a distância for maior, o sistema interpreta que este já se encontra a afastar-se da paragem. Nesse caso o sistema seleciona a próxima paragem do percurso e efetua o cálculo para verificar a distância entre a coordenada e a paragem. Se a distância for menor que aquela que está configurada para a paragem então o sistema regista a hora de chegada a essa paragem e a distância, senão o sistema descarta essa coordenada e aguarda que uma nova coordenada seja fornecida.

Este processo é realizado durante todo o percurso até à última paragem. Quando essa paragem é atingida, o sistema finaliza o serviço. No fim de todo o processo, encontra-se registado no sistema a hora de início e fim do serviço, a hora de passagem do veículo em cada paragem e a que distância este passou em cada paragem. A distância de passagem em cada paragem pode se tornar num dado importante para verificar alterações de percurso ou posicionamento de paragens que podem acontecer ao longo do tempo.

3.6 Serviço Tempo de Espera

O serviço de tempo de espera encontra-se incorporado na base de dados em forma de funções. O primeiro cálculo de tempos de espera é efetuado quando existe um início de serviço. Estes são realizados para todas as paragens que o veículo ainda não percorreu. À medida que o percurso vai sendo atualizado pelo serviço de controlo, os tempos de espera também o têm de ser, de forma a reduzir a possibilidade de erro. O cálculo dos tempos de espera são realizados sempre que é detetado que o veículo chegou a uma nova paragem, fazendo com que o fato de ter havido possíveis atrasos nas paragens anteriores não se reflitam nas paragens futuras.

Para a realização dos cálculos dos tempos de espera o serviço recorre ao histórico de viagens realizado pelo veículo. O sistema tem no seu histórico o tempo médio das últimas 10 viagens realizadas pelo mesmo entre cada uma das paragens do percurso. Com essa informação, o sistema consegue prever quanto tempo este transporte costuma demorar a percorrer a distância entre cada paragem desse percurso, o que no fim do cálculo de cada paragem, dá origem a previsão do percurso por completo.

No fim do percurso, o serviço atualiza os tempos médios das últimas 10 viagens realizadas pelo veículo, de forma a incorporar os valores do percurso mais recente.

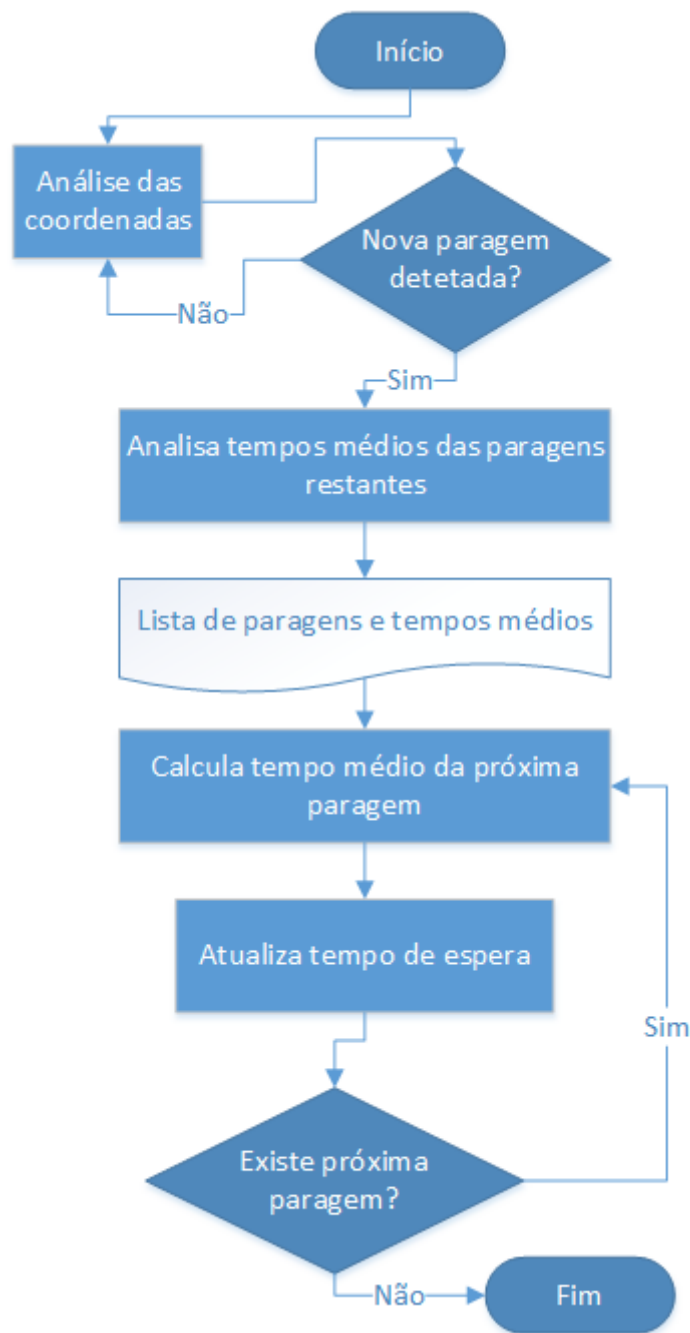


Figura 36 - Fluxograma Cálculo Tempos de Espera

3.7 API de Acesso aos Dados

Como já referido anteriormente, foi desenvolvida um API destinada a realizar as trocas de mensagens entre a aplicação que pretende aceder aos dados e a base de dados que os contém.

A API proporciona a integração e interação de aplicações de uma forma mais descomplicada. As Interfaces de Programação surgiram para alterar o modo como as empresas obtêm e

partilham informações, fazendo com que a interconexão e interdependência de dados facultem uma visão geral do negócio.

A proposta da API é oferecer o máximo de conteúdo e informação num ambiente digital prático e funcional. A API expõe diferentes tipos de informações, sejam elas internas ou externas, individuais ou agrupadas, mas constantemente de modo controlado, organizado e seguro.

No que diz respeito à gestão, o uso de uma API ajuda no sentido de fornecer informações seguras, criar uma base de dados sólida, além de possibilitar o controlo mais amplo do negócio, não só em termos de comunicação e tecnologia, mas também em termos financeiros.

No mundo dos negócios nada é estático e é exatamente por isso que devemos estar cada vez mais ligados às novas tendências tecnológicas. A API é uma dessas tendências que veio para permanecer neste mundo tecnológico, afinal, entre diversas vantagens, origina boas oportunidades de negócios e possibilita parcerias (Asaas, 2013).

Como a API criada é de livre acesso a quem possuir o endereço, poderão ser desenvolvidas várias versões diferentes do mesmo projeto, como por exemplo o desenvolvimento de uma aplicação para telemóvel (*android, iOS, Windows phone*).

3.8 Aplicação Web

Desde o início do desenvolvimento da aplicação que a maior preocupação era que a interface fosse de fácil compreensão, intuitiva, capaz de se ajustar a diferentes resoluções de ecrãs e que o tempo de resposta da mesma fosse o mais rápido possível.

Para ser capaz de cumprir esses objetivos, a aplicação foi desenvolvida recorrendo basicamente a 1 página web para o uso de todas as funcionalidades. Ao usar apenas 1 página web, eliminou-se qualquer tipo de redireccionamento necessário para o uso de uma funcionalidade, o que diminuiu muito o tempo de resposta, visto não ser necessário o carregamento de novas páginas.

Outro mecanismo implementado para diminuir o tempo de resposta da aplicação foi o uso de *update panels*. Através do uso da *framework* .NET²¹ é possível usar *update panels* de forma a evitar o carregamento de toda a página aquando uma ação do utilizador que requer comunicação com o servidor. Assim, apenas é atualizado o conteúdo da página que sofre alterações, reduzindo o tempo de resposta.

Durante o processo de construção da interface com o utilizador foi usado a *framework* Bootstrap²². Esta *framework* está adaptada de forma a ser possível redimensionar e ajustar toda a interface de forma a mais facilmente se adaptar a diferentes dispositivos e diferentes resoluções de ecrã.

²¹ <http://www.microsoft.com/net>

²² <http://getbootstrap.com/>

Solução

Como já foi mencionado o utilizador pode efetuar a sua pesquisa e consultar os resultados sem ser necessário ter uma conta no sistema, porém, é aconselhado registar-se no sistema de forma a ser possível guardar as suas pesquisas e ter acesso às funcionalidades que só estão disponíveis aos utilizadores registados.

Quando o utilizador acede a aplicação, no canto superior direito existe a opção de efetuar o *login* e o registo na aplicação.

A interface de login e registo da aplicação, apresentando dois campos de entrada: "Email" e "Password", seguidos por dois botões: "Login" (verde) e "Registar" (azul).

Figura 37 - Login/Registo na aplicação

Este registo é efetuado através do preenchimento de um formulário que apresentado como um *popup* após o utilizador clicar no botão de "Registar". Todo o processamento de validação de dados de entrada são feitos tanto do lado do cliente como do lado do servidor, isto para evitar possíveis alterações ao longo do percurso da mensagem. A validação do lado do utilizador faz com que o tempo de resposta seja praticamente instantâneo. Todas as mensagens de erro são apresentadas automaticamente, e caso o utilizador tenha alguma dúvida sobre o campo, este contém um botão de ajuda que fornecerá toda a informação necessária.

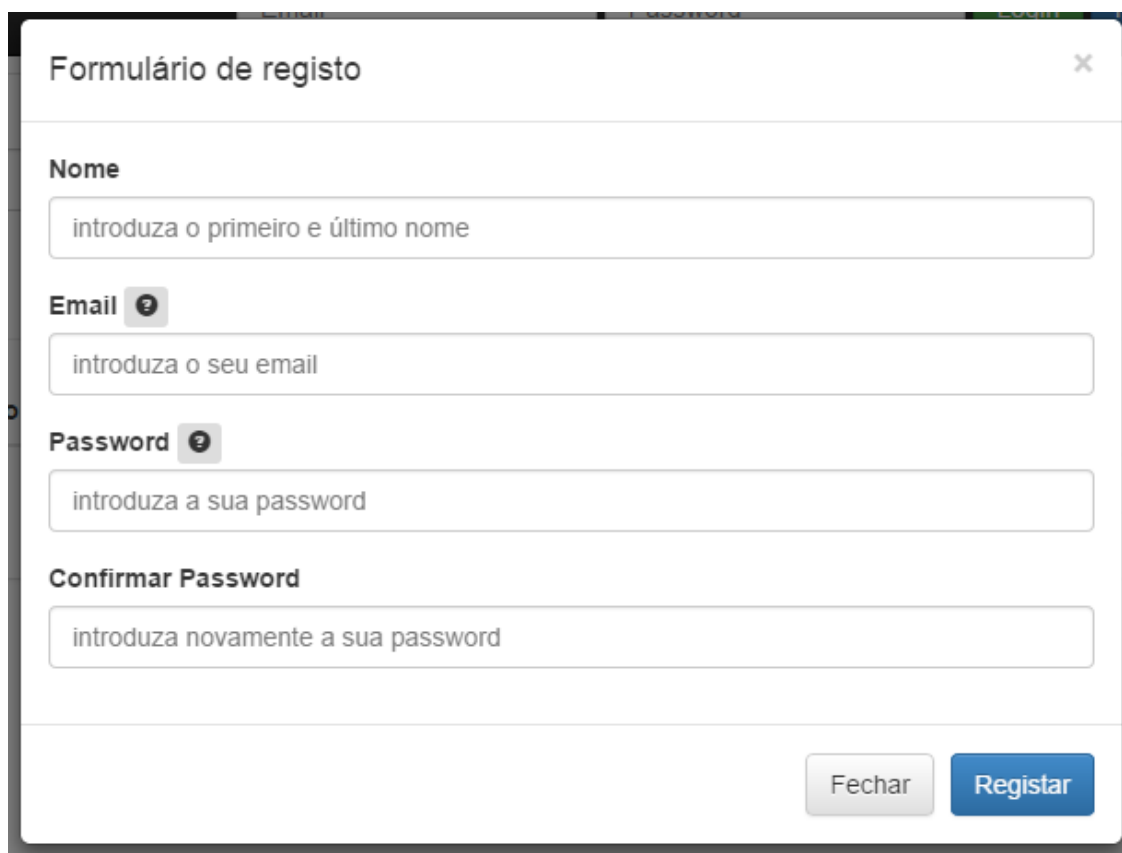
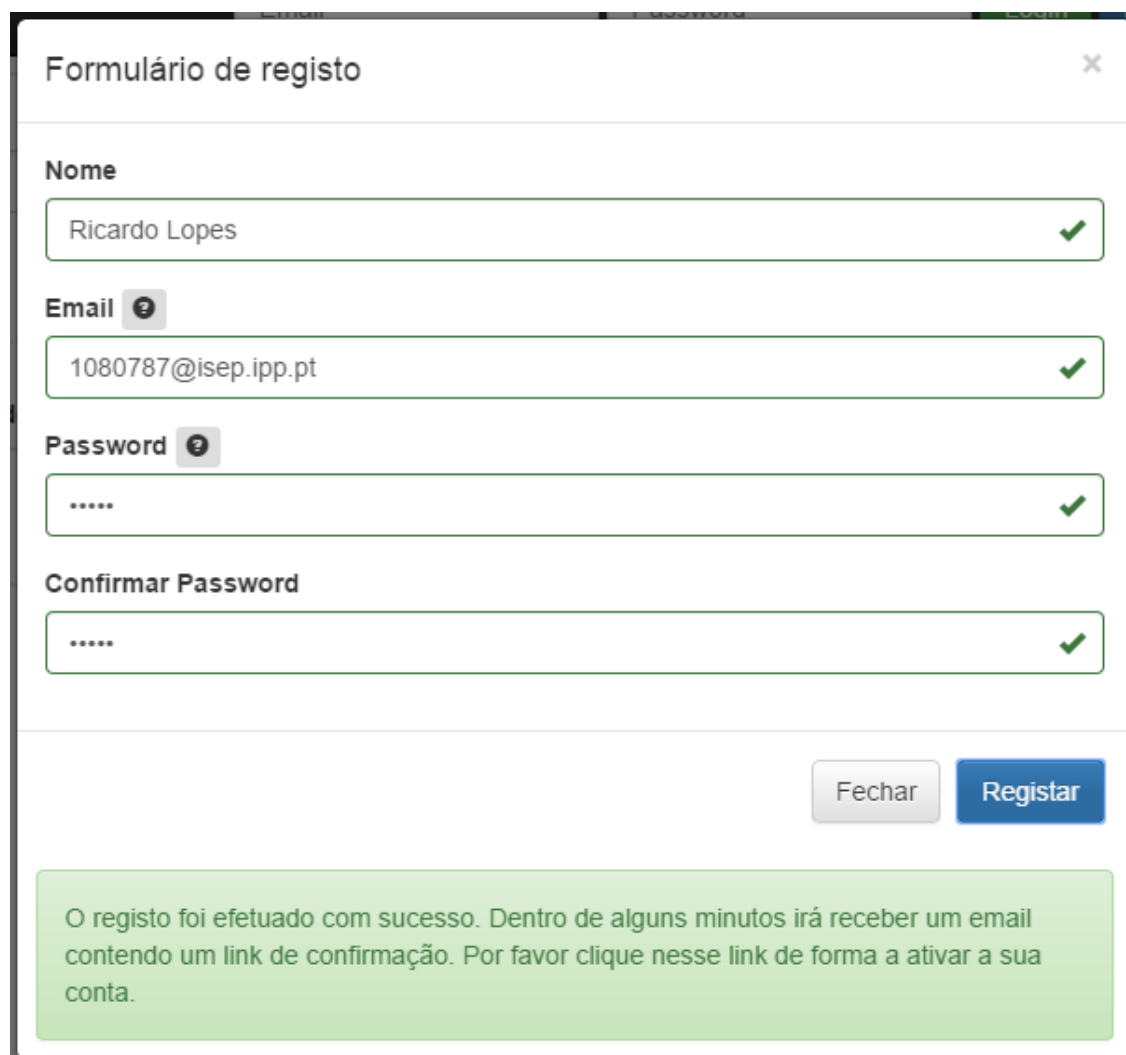
Um formulário de registo apresentado como uma janela de diálogo. O formulário contém os seguintes campos: "Nome" (introduza o primeiro e último nome), "Email" (introduza o seu email), "Password" (introduza a sua password) e "Confirmar Password" (introduza novamente a sua password). Cada campo de texto possui um ícone de ajuda (perguntas) à direita. No canto inferior direito, há dois botões: "Fechar" (cinza) e "Registar" (azul).

Figura 38 - Formulário de registo

Todos os campos do formulário são de preenchimento obrigatório. No campo Email e Password existe um botão de ajuda, onde após clicado aparece uma breve descrição sobre como esse campo deve ser preenchido. No caso do campo de *email*, este deve ser preenchido com um email válido, pois após o registo o sistema irá enviar um email contendo um *link* de ativação de conta. No caso do campo da *password*, esta tem de ter no mínimo 5 caracteres. A validação dos campos é realizada do lado do cliente, fazendo com que não seja necessário fazer uma chamada ao servidor para a validação dos dados, reduzindo o tempo de resposta da aplicação.



Formulário de registo

Nome
Ricardo Lopes ✓

Email ⓘ
1080787@isep.ipp.pt ✓

Password ⓘ
..... ✓

Confirmar Password
..... ✓

Fechar Registrar

O registo foi efetuado com sucesso. Dentro de alguns minutos irá receber um email contendo um link de confirmação. Por favor clique nesse link de forma a ativar a sua conta.

Figura 39 - Registo efetuado com sucesso

Após o registo na aplicação o sistema informa que foi enviado um *email* contendo um *link* de confirmação. A conta do utilizador encontra-se no estado “não ativa” até este clicar no *link* enviado por email. Desta forma o sistema consegue validar que o registo foi realizado por um *email* válido, reduzindo o registo de contas falsas.

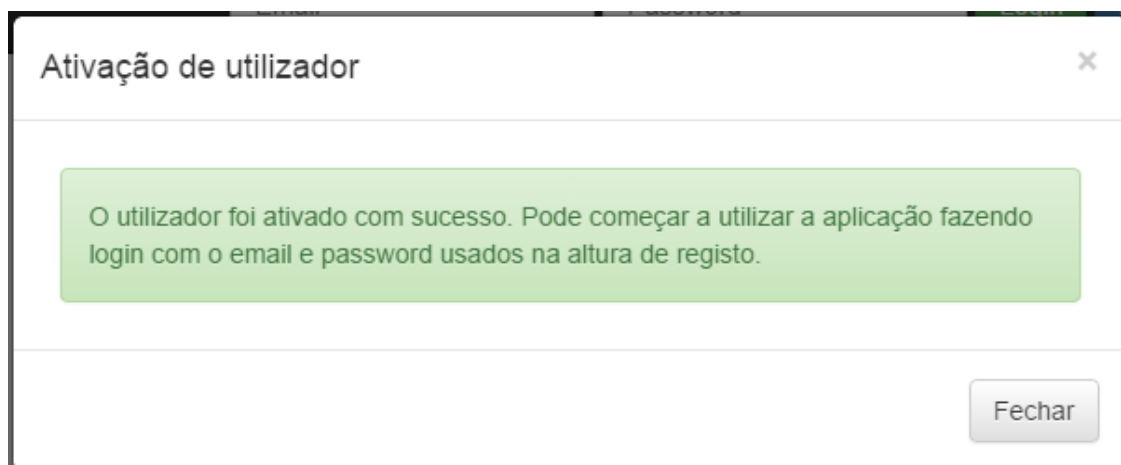


Figura 40 - Ativação da conta

Após o utilizador ter clicado no *link* este é enviado para uma página onde a validação da sua conta é efetuada. Após esta validação a sua conta é passada para o estado de “ativa” e este pode a partir desse momento efetuar o login na aplicação.

Após o *login* o utilizador pode efetuar a sua pesquisa e se pretender guardá-la na sua conta.

A screenshot of a search form. It features two dropdown menus at the top: "Linha" with the selected value "(2) - Castelo" and "Paragem" with the selected value "Restauradores". Below these is a search button labeled "Pesquisar" with a magnifying glass icon. To the right of the search button is a text input field containing "nome do perfil" and a blue button labeled "Guardar" with a download icon.

Figura 41 - Formulário de pesquisa

No formulário de pesquisa foi implementado um *update panel* de forma a atualizar apenas a lista de paragens consoante a seleção de uma linha. Desta forma, quando uma linha é selecionada, apenas a lista de paragens é atualizada, mantendo o resto da página como está, evitando o carregamento da mesma.

Do lado direito do botão de pesquisa o utilizador pode introduzir o nome do perfil que pretende e guardá-lo na sua conta pessoal. Caso esta ação seja efetuada com sucesso o botão de guardar assume uma cor verde.

Após a realização da pesquisa, o sistema carrega os 3 tipos de visualização de dados com a informação adquirida. Estes 3 tipos de visualização são todos carregados na mesma altura de forma a evitar qualquer tipo de atraso quando o utilizador seleciona um tipo de visualização diferente.

Como todos os dados são baseados em cálculos realizados em tempo real, o sistema atualiza o desenho dos 3 tipos de visualização a cada 60 segundos. Desta maneira o utilizador pode acompanhar o seu transporte em tempo real sem ter a preocupação se os dados se encontram atualizados.

Apesar de o utilizador selecionar uma paragem da linha, o sistema apresenta sempre a linha completa, não apenas a paragem selecionada. Isto deve-se ao fato de ser mais facilmente identificável onde se encontra o veículo no percurso, levando o utilizador a poder optar por outra solução após a visualização da informação.

Após a pesquisa, o sistema apresenta o resultado tabular dos tempos de espera, onde na coluna da esquerda aparecem os nomes das paragens e na coluna da direita aparecem os tempos de espera. Cada linha da tabela aumenta em altura dependendo do número de registos encontrados para essa paragem.

Informação	Tempo de espera
Marques Pombal	14:32:51 (CITY-3089) 18:02:35 (CITY-3085)
Avenida Liberdade	14:35:51 (CITY-3089) 18:04:08 (CITY-3085)
Restauradores	14:37:51 (CITY-3089) 18:07:44 (CITY-3085)
Rossio	14:39:51 (CITY-3089) 18:09:46 (CITY-3085)
Rua Comercio	14:43:51 (CITY-3089) 18:18:32 (CITY-3085)
Casa dos Bicos	14:47:51 (CITY-3089) 18:21:38 (CITY-3085)
Museu Fado	14:49:51 (CITY-3089) 18:24:15 (CITY-3085)
Portas do Sol	15:01:51 (CITY-3089) 18:37:09 (CITY-3085)
Marques Pombal	18:53:09 (CITY-3085) 15:14:51 (CITY-3089)

Figura 42 - Tabela dos tempos de espera da pesquisa

Conclusões e Trabalho Futuro

Na tabela podemos visualizar que existem dois veículos neste momento a circularem nessa linha. O sistema apresenta a cinzento a hora de passagem do autocarro nessa paragem e a azul a previsão de passagem do autocarro nessa paragem. Como na pesquisa o utilizador selecionou a paragem “Restauradores”, o sistema destaca automaticamente essa paragem para que esta seja facilmente localizada.

O utilizador tem mais dois tipos de vista para visualizar essa informação: espinha e mapa. Estas vistas encontram-se normalmente ao lado da tabela, isto se o tamanho do ecrã permitir, em dois separadores distintos.

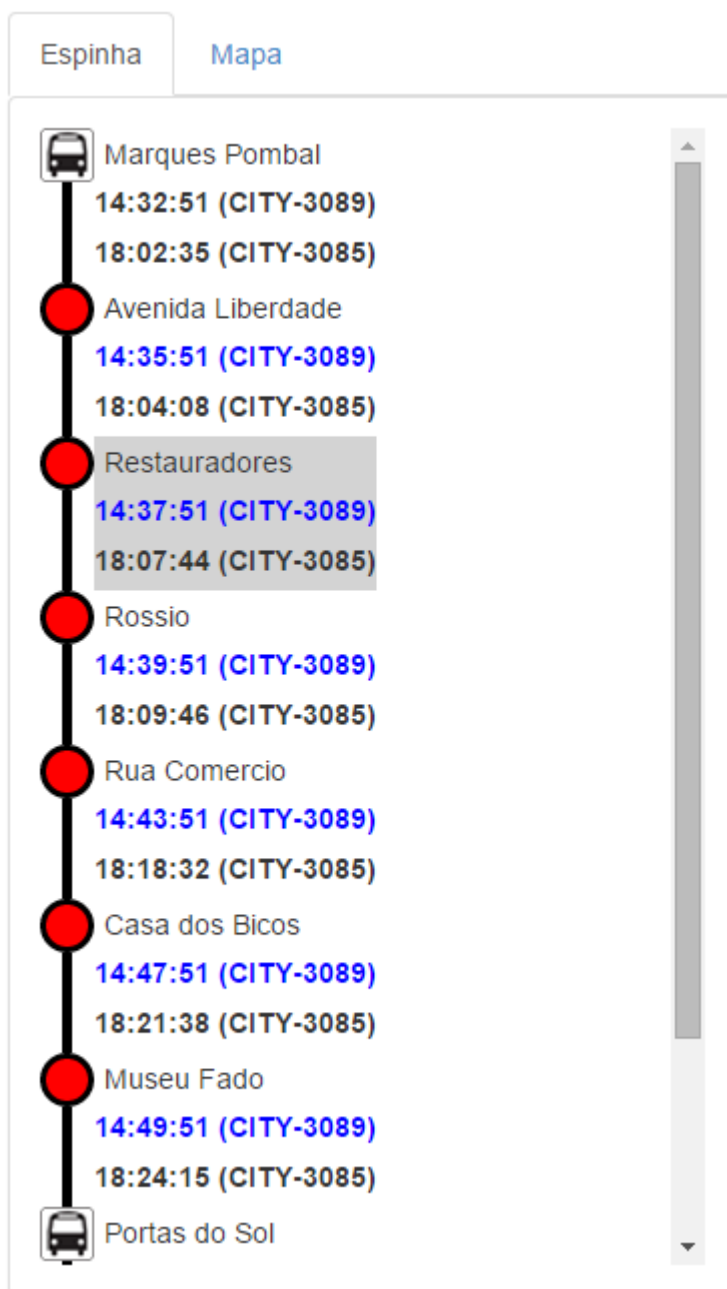


Figura 43 - Espinha dos tempos de espera da pesquisa

Como podemos observar na figura acima, cada círculo representa uma paragem e a linha que se segue representa os tempos de espera dessa paragem. Seguindo os mesmos princípios que a tabela dos tempos de espera, a paragem selecionada é destacada e os tempos previstos se encontram a azul e a hora de passagem numa paragem se encontra a cinzento. Quando existem viaturas a fazer esta linha, o sistema identifica em que paragens as viaturas se encontram, colocando um ícone de um autocarro por cima do círculo da paragem.

Se o utilizador pretender ver o resultado no mapa, este pode fazê-lo selecionando o separador “Mapa”.

A utilização do mapa para a disponibilização de informação dá ao utilizador uma melhor visualização real do percurso da sua linha. Estando todas paragens georreferenciadas, o utilizador consegue identificar no mapa onde estas estão situadas, podendo posteriormente decidir qual das paragens lhe é mais conveniente, tendo em conta o tempo de espera e a localização da mesma.

Com esta visualização o utilizador fica com o conhecimento do percurso que o veículo irá fazer durante toda a linha, esta informação dá ao utilizador a possibilidade de identificar qual será a melhor paragem de saída e entrada, como também o conhecimento de todo o trajeto.

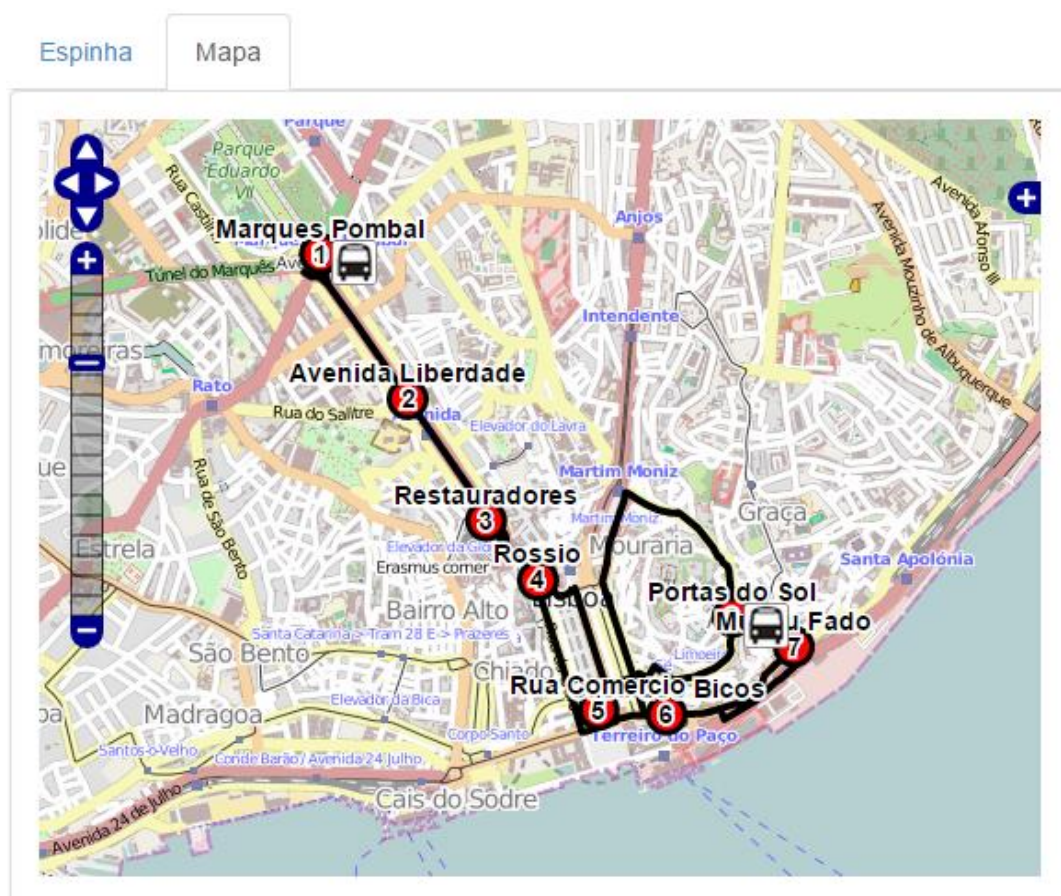


Figura 44 - Mapa dos tempos de espera da pesquisa

Conclusões e Trabalho Futuro

Cada paragem é apresentada com um círculo contendo o nome da paragem e a sua ordem de passagem no percurso. Caso exista um autocarro nessa paragem, é colocado ao lado do círculo um ícone.

Por defeito o sistema apresenta as paragens, a linha do percurso e os autocarros que se encontram a realizar esse serviço no mapa. Caso o utilizador pretenda visualizar só as paragens, ou só a linha, este pode seleccionar o botão “+” no canto superior direito do mapa para o fazer. Por defeito o sistema utiliza o mapa do OpenStreetMaps, mas nesse mesmo menu, o utilizador pode escolher dois outros tipos de mapa: MapQuest²³ e Cycle Map²⁴.

Caso o utilizador pretenda saber o tempo de espera de uma determinada paragem, simplesmente passa o ponteiro do rato por cima da paragem pretendida e será apresentada uma *popup* contendo essa informação.

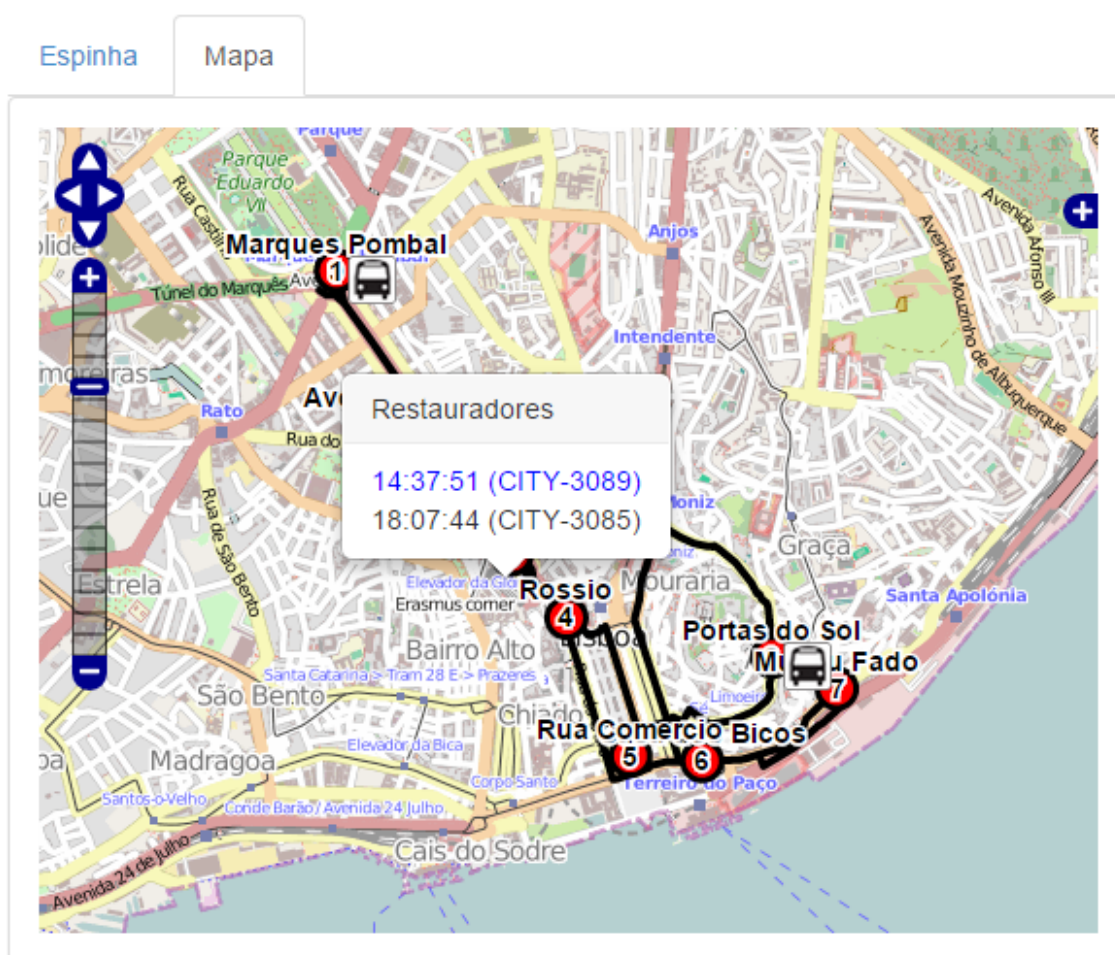


Figura 45 - Mapa dos tempos de espera da pesquisa (paragem seleccionada)

²³ <http://www.mapquest.com/>

²⁴ <http://www.opencyclemap.org/>

O conceito de perfis foi desenvolvido para facilitar a consulta de informação de uma determinada linha e paragem num determinado percurso. Em vez de um determinado utilizador ter que efetuar uma procura nas listas de linhas e paragens, este pode efetuar a procura uma única vez e depois guardá-la como um perfil.

Esta funcionalidade leva a que a consulta de informação seja realizada de uma forma mais rápida visto que o utilizador pode guardar na sua lista de perfis as linhas e paragens mais relevantes para si, identificando cada perfil usando um nome dado pelo mesmo.

Caso o utilizador pretenda utilizar uns dos perfis previamente guardados, este só tem de clicar no menu “Perfis” no topo da página. Será apresentada uma *popup* com todos os perfis que estão associados a essa conta.



Figura 46 - Lista de perfis

Nesta lista o utilizador pode selecionar um perfil, ou até mesmo apagar. Se selecionar um perfil, o formulário de pesquisa é preenchido com a linha e paragem associados com esse perfil, fazendo com que o processo de escolha seja muito mais rápido.

O uso de perfis também é necessário caso o utilizador pretenda utilizar a funcionalidade de notificações da aplicação. O uso das notificações vem trazer ao utilizador uma independência maior no planeamento dos trajetos do seu dia-a-dia.

Após selecionar um perfil o utilizador pode definir os dias e as horas que pretende receber uma notificação para esse perfil. Desta forma o utilizador não precisa de estar a consultar a aplicação de uma forma rotineira para consultar os tempos de espera.

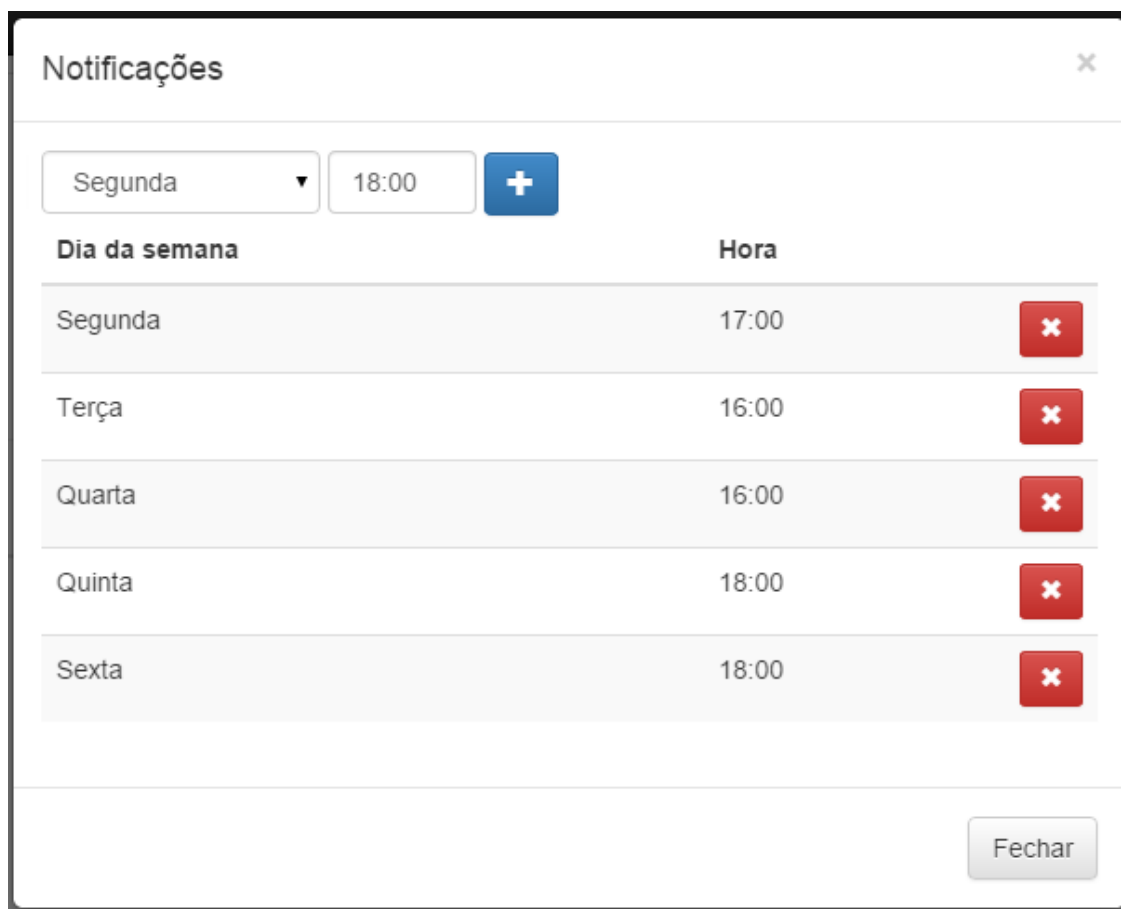


Figura 47 - Lista de notificações

Com base nesta informação, o sistema enviará um *email* ao utilizador no dia e hora configurado pelo mesmo. Esta funcionalidade leva a que o utilizador tenha a informação dos tempos de espera na hora que mais precisa. O conteúdo que se encontra no *email* enviado é uma tabela com a mesma estrutura daquela que é visualizada na aplicação.

Sendo o conteúdo do *email* uma tabela simples, o utilizador pode consultar o mesmo em qualquer dispositivo com acesso à internet.

4 Conclusões e Trabalho Futuro

4.1 Conclusões

O objetivo principal desta tese passou pela idealização, conceção e implementação de uma solução completa de controlo de tempos de espera, ajudando os cidadãos a planear melhor as suas deslocações.

O desenvolvimento da solução final teve de passar por várias fases distintas. Primeiro procurou-se desenvolver um sistema de rastreamento capaz de conseguir acompanhar um veículo ao longo de um percurso, identificando a hora de passagem do mesmo em determinados pontos de controlo. De seguida, elaborou-se um sistema capaz de armazenar o histórico dos veículos ao longo do percurso, guardando as horas de passagem nos pontos de controlo e o tempo médio das últimas 10 viagens realizadas por cada um em cada percurso. Por fim, foi elaborado uma aplicação web para servir de interface com o utilizador.

A junção destes três sistemas teve como resultado final uma solução completa de previsão de tempos de espera. Através da divisão da solução em vários módulos independentes, tornou-se possível a evolução da mesma sem causar transtornos na utilização do sistema por parte do utilizador.

Com os diferentes módulos desenvolvidos de forma independentemente, é possível criar outros tipos de soluções utilizando apenas parte desta solução. Um exemplo é possibilidade de criar um sistema de acompanhamento de um veículo ao longo de um determinado percurso, sem a necessidade dos cálculos de previsão. Esta facilidade de reutilização de código traz vantagens para futuros desenvolvimentos, fazendo com que outros projetos não precisem de começar do princípio, reduzindo o tempo necessário na criação de um novo produto de *software*.

Durante o desenvolvimento da aplicação *web*, estudou-se o melhor formato de estruturar a informação de forma a se tornar uma experiência agradável para o utilizador. O uso de uma

interface simples, limpa e focada no modo como a informação é apresentada, aumenta as possibilidades de o cidadão a utilizar de uma forma mais regular. Esta regularidade de uso, leva a que o sistema ao longo do tempo se torne mais completo e viável, aumentando a satisfação dos cidadãos que o utilizam.

Com o aumento da sua utilização, o número de críticas sobre os atrasos dos transportes públicos irão diminuir, pois de uma maneira inconsciente, os utilizadores só se deslocarão para a paragem quando souberem que o seu transporte está quase a chegar. Isto leva a que o cidadão não se aperceba do não cumprimento dos horários fixos, pois como ele não esperou muito tempo pelo seu transporte, acredita que a pontualidade e regularidade do veículo se mantem.

A aplicação web permite a consulta dos tempos de espera de determinada linha e paragem. Com esta informação os utilizadores conseguem planear melhor o seu tempo e a rentabiliza-lo melhor. O utilizador tem a opção de visualizar os dados de 3 maneiras diferentes: tabela, espinha e mapa. A utilização de diferentes formas de visualização de informação faz com que o utilizador consiga escolher aquela à qual mais confortável se sente.

Com o uso das notificações, o utilizador não tem que se preocupar mais com o seu planeamento. O sistema encarrega-se de enviar para o *email* do utilizador uma tabela com os tempos de espera à hora indicada pelo utilizador. Deste modo, o utilizador tem sempre os tempos de espera no seu *email* à hora que mais necessita.

Finalmente, com este trabalho mostrou-se a possibilidade de fornecer ao cidadão a informação necessária para este conseguir tomar decisões prévias acerca do seu trajeto diário, evitando irritações e tempo perdido desnecessariamente.

4.2 Trabalho Futuro

Como trabalho futuro, pretende-se que a solução seja disponibilizada para uso real.

Uma vez que o algoritmo criado para o controlo do percurso do veículo teve como base alguns percursos reais já existentes, prevê-se que este se comporte de forma positiva, porém, o uso de novos percursos são necessários de forma a garantir a estabilidade do algoritmo. Existem várias variáveis que é preciso ter em conta para garantir que o algoritmo se comporte de forma esperada. Algumas dessas variáveis são comuns em todos os percursos, mas existem variáveis que só são detetadas quando certos percursos são realizados, o que faz com que o uso de vários itinerários seja necessário de forma a abranger o máximo de situações diferentes que possam aparecer.

O cálculo dos tempos de espera é baseado no tempo médio das últimas 10 viagens realizadas por um veículo num determinado trajeto. Este tempo médio pode ser viável em certos percursos onde os fatores que podem causar atraso raramente existem. Para abranger uma

maior variedade de percursos, os cálculos dos tempos de espera deviam levar em conta o dia da semana, altura do ano, altura do dia, mês, entre outros como fatores que podem afetar a média dos tempos de percurso entre paragens. Só com estes fatores a ser levados em conta é que se pode garantir que os tempos calculados tenham uma margem de erro reduzida, salvo alguns casos pontuais.

Apesar de a aplicação web ter sido desenvolvida levando em conta a resolução de diversos dispositivos, seria interessante o desenvolvimento de uma versão para dispositivos móveis. A maioria dos utilizadores teria interesse em consultar a informação dos tempos de espera no seu dispositivo móvel, pois a probabilidade de precisarem de saber esta informação enquanto andam na rua é maior. Uma nova funcionalidade que seria vantajosa era a possibilidade de visualizar várias linhas ao mesmo tempo. Acontece com muitos cidadãos o facto de necessitarem de múltiplos transportes públicos para chegarem ao seu destino. Com a possibilidade de visualizar várias linhas ao mesmo tempo, o cidadão tem uma noção mais abrangente de como se encontram os estados das mesmas, levando em conta os tempos de espera de todas as linhas na altura de tomar uma decisão.

Com a informação recolhida dos percursos realizados, poderá ser uma mais-valia a expansão da aplicação para uso por parte das entidades inseridas. Estes dados são de extrema importância para as entidades, visto que podem ajudar a estruturar e planear melhor os seus serviços. A criação de indicadores, gráficos e relatórios sobre os serviços dos operadores poderá criar uma nova oportunidade de negócio nesta área.

Conclusões e Trabalho Futuro

Referências

Ahmed, A., 2010. *Public transport use in Dubai sees huge increase*. [Online]
Available at: <http://gulfnews.com/news/gulf/uae/traffic-transport/public-transport-use-in-dubai-sees-huge-increase-1.632875>

APTA, 2014. *Public Transportation Benefits*. [Online]
Available at: <http://www.apta.com/mediacenter/ptbenefits/Pages/default.aspx>

Asaas, E., 2013. *API: Quais são as vantagens de usá-la em sua empresa*. [Online]
Available at: <https://www.asaas.com/blog/vantagens-de-utilizar-uma-api-em-sua-empresa/>

Brasil, A., 2014. *Qualidade do transporte público é alvo de milhares de reclamações - CartaCapital*. [Online]
Available at: <http://www.cartacapital.com.br/sociedade/poder-publico-recebe-milhares-de-reclamacoes-sobre-qualidade-do-transporte-515.html>

ComfortDelGro, 2014. *Google Play*. [Online]
Available at: https://play.google.com/store/apps/details?id=sg.com.sbstransit.irisdroid&hl=pt_PT
[Accessed 2014].

Edwards, M., 2005. *Marker Edwards*. [Online]
Available at: <http://www.markeredwards.com/trig/Spherical%20Trig/Haversine%20formula%20-%20Wikipedia.PDF>

Hall, S., 2014. *icomera*. [Online]
Available at: <http://www.icomera.com/products/moovbox-m310/>

IZIMOOVE, 2014. *Google Play*. [Online]
Available at: <https://play.google.com/store/apps/details?id=pt.izimoove.carris&hl=en>
[Accessed 2014].

Layton, L., 2002. *Study Lists Mass Transit Benefits*, s.l.: The Washington Post.

OPT, 2014. *Google Play*. [Online]
Available at: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.moveme>
[Accessed 2014].

rdal, 2010. *Fábrica de Software – Definir processo de desenvolvimento*. [Online]
Available at: <http://voat.com.br/rdal/?tag=iterativo>
[Accessed 2014].

Robinson, D., 2012. *Vincenty vs Haversine Distance Calculations*. [Online]
Available at: <http://jsperf.com/vincenty-vs-haversine-distance-calculations>

STCP, 2014. *SMSBUS*. [Online]
Available at: <http://www.stcp.pt/smsBusMicroSite/comofuncionamasprevisoes.html>
[Accessed 2014].

Referências

UITP, 2011. *UITP – Public transport alleviates congestion*. [Online]

Available at:

http://web.archive.org/web/20130725034305/http://www.uitp.org/advocacy/pdf/alleviates_congestion.pdf

Veness, C., 2014. *Movable Type Scripts*. [Online]

Available at: <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong-vincenty.html>