



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia de Electrónica e Telecomunicações e de Computadores

ISEL



(Imagem © Wired Magazine)

Sistema de Recomendação para Condutores de Veículos Eléctricos

Pedro Romão Pereira
(Bacharel)

Dissertação de natureza científica realizada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Informática e de Computadores

Orientadores:

Doutor João Carlos Amaro Ferreira, Professor Adjunto do ISEL

Doutor Porfírio Pena Filipe, Professor Adjunto do ISEL

Júri:

Presidente: Mestre Fernando Manuel Gomes de Sousa, Professor Coordenador do ISEL

Vogal: Doutor Alberto Silva, Professor Associado do IST

Vogal: Doutor João Carlos Amaro Ferreira, Professor Adjunto do ISEL

Vogal: Doutor Porfírio Pena Filipe, Professor Adjunto do ISEL

Setembro de 2010

Resumo

Tratando-se do próximo grande passo na evolução da indústria automóvel, os veículos eléctricos continuam a apresentar limitações de autonomia, associando-se a esta limitação tempos de carregamento muito alargados, poucos pontos de carregamento e redes eléctricas inteligentes muito embrionárias. Neste contexto exige-se aos condutores um planeamento muito rigoroso da utilização diária do veículo.

Neste trabalho é apresentado um sistema de informação que pretende ajudar o condutor na utilização diária do seu veículo eléctrico, minimizando o problema da ansiedade de alcance através do controlo contínuo da autonomia do veículo e da apresentação atempada de informação relevante sobre os pontos de carregamento disponíveis no seu raio de alcance.

Dado o sucesso dos sistemas de recomendação, no encaminhamento automático da informação desejada em diversos domínios, esse princípio pode ser aplicado ao problema em causa com o objectivo de maximizar a relevância da informação apresentada ao condutor, a qual deverá ser a estritamente necessária para ele tomar as suas decisões, devendo toda a restante ser filtrada.

Abstract

Being the next big step in automobile industry, electric vehicles continue to have limited autonomy which, associated with the long charging times, limited charging stations and undeveloped smart grid infrastructures, demands for a hard planning of the daily use of the vehicle.

This paper presents an information system that will help the driver in the daily use of his electric vehicle, minimizing the problem of range anxiety thru the continuous control of the vehicle range and presenting in time relevant information about the charging stations within reach.

Given the success of recommendation systems in automatically delivering the relevant information in numerous areas of usage, it can be applied in this scenario as well with the objective of maximizing the relevance of the information presented to the driver, which should be the strictly needed for him to make his decisions filtering out the unnecessary one.

Agradecimentos

À Sónia e à Margarida, por todo o amor, todo o apoio, todo o carinho e toda a compreensão pelos fins-de-semana e férias e horas passados a trabalhar neste projecto. Foram o meu maior apoio e a minha principal motivação.

Aos meus pais pelo apoio, pela confiança, por me terem ajudado a escolher o meu caminho e principalmente pela paciência. À minha irmã, pelo carinho. Aos meus avós, Avó Zé, Avô Pereira e Avó Luísa, pelo orgulho que demonstraram. Foi por todos vocês que nunca desisti, e o que sou devo-o a todos.

Ao Paulo Cotrim, este trabalho é a última etapa de uma longa aventura que iniciámos juntos. Foram os melhores tempos. Outras aventuras se seguirão.

Ao Luís Caselli, companheiro que me ajudou a chegar até aqui, sem ti não teria sido possível.

Aos meus orientadores. Porfírio Pena Filipe por me ter ajudado a encontrar o caminho inicial, e João Ferreira, pela abordagem inicial, por todo o apoio ao longo do projecto, mas principalmente pela grande ajuda na parte final.

Índice

1.	Introdução	1
1.1.	Motivação	2
1.2.	Objectivos do Trabalho	3
2.	Estado da Arte.....	5
2.1.	Veículos Eléctricos	5
2.1.1.	Modos de carregamento	7
2.2.	Sistemas de Recomendação.....	9
2.2.1.	Baseados em Conteúdo	10
2.2.2.	Baseados em Colaboração (Filtragem Colaborativa).....	12
2.2.3.	Baseados em Classes de Estereótipos	14
2.2.4.	Sistemas Híbridos.....	14
3.	Modelo Conceptual do Sistema	17
3.1.	Contexto do sistema e integração com sistemas externos	17
3.2.	Casos de Utilização	21
3.3.	Funcionalidades	25
3.3.1.	Sistema de Recomendação	26
3.3.2.	Informação de estado da bateria.....	33
3.3.3.	Perfil de Utilizador	35
3.3.4.	Integração <i>Smart Grid</i> (V2G)	38

3.3.5.	Informação de Posicionamento	42
3.3.6.	Informação de Transportes públicos	43
3.3.7.	Informação de Mercado de Energia	43
3.3.8.	Informação Sobre Pontos de Interesse	43
4.	Modelo de Arquitectura	45
4.1.	Sistema Operativo Móvel	45
4.2.	Serviços e Ambiente de Execução	46
4.3.	Plataforma Móvel	46
4.4.	Aplicação SiREV	48
4.4.1.	Modelo de componentes.....	49
4.4.2.	Interface de Utilizador.....	50
4.4.3.	Lógica de Negócio	53
4.4.4.	Gestor de Notificações	53
4.4.5.	Gestão de Perfil de Utilizador	54
4.4.6.	Gestor de Recomendação	55
4.5.	Sistema de Recomendação	56
4.6.	Camada de Integração	58
4.6.1.	Integração <i>SmartGrid</i>	59
4.6.2.	Gestão de Bateria	62
4.6.3.	Informação de Transportes Públicos	63
4.6.4.	Informação de Mercado de Energia	64
4.6.5.	Serviços Android.....	66
5.	Cenários de Aplicação	69
5.1.	Cenário 1 – Dia-a-dia urbano	70
5.2.	Cenário 2 – Grande distância entre casa e emprego.....	75
5.3.	Cenário 3 – Passeio de carro.....	77
6.	Conclusão e Trabalho Futuro.....	79

6.1. Conclusão	79
6.2. Trabalho Futuro	81
7. Referências Bibliográficas	83
Anexo A.....	86

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Comparação entre tecnologias.....	7
Tabela 2 - Propriedades do perfil de utilizador	36
Tabela 3 - Dados para cenários de utilização	70

Índice de Figuras

Figura 1 - Carregamento por indução magnética	9
Figura 2 - Sistemas de recomendação híbridos	15
Figura 3 - Diagrama de Contexto	18
Figura 4 - Casos de Utilização.....	21
Figura 5 – Modelo Funcional	25
Figura 6 - Sistema de Recomendação.....	28
Figura 7 - Algoritmo <i>Nearest Neighbor</i>	32
Figura 8 - Sistema de Pontos de Penalização	42
Figura 9 – Principais camadas da plataforma.....	45
Figura 10 - Arquitectura do Sistema SiREV	48
Figura 11 - Modelo de Componentes	49
Figura 12 - Ecrã de Escolha de Utilizador.....	50
Figura 13 - Ecrã de Escolha de Modo	51
Figura 14 - Ecrã de Escolha de Destino	51
Figura 15 - Ecrã Principal do SiREV	52
Figura 16 - Ecrã de Apresentação de Recomendações.....	52
Figura 17 – Class Controller	53
Figura 18 - <i>Class</i> UserProfileManager.....	54

Figura 19 - <i>Class</i> RecommendationManager	56
Figura 20 - Classes de Integração de Pontos de Carregamento.....	59
Figura 21 - Classes de Controlo de Bateria	62
Figura 22 - Classes de Informação de Mercado de Energia	65
Figura 23- Mapa com Ponto de Carregamento.....	67
Figura 24 - Indicação de Carga.....	71
Figura 25 - Identificação de utilizador	71
Figura 26 - Identificação de modo.....	72
Figura 27 - Identificação de Destino	72
Figura 28 - Apresentação de recomendações I.....	74
Figura 29 - Recomendação quando no destino.....	75
Figura 30 - Apresentação de recomendações II.....	76
Figura 31 - Apresentação de recomendações III	77
Figura 32 - Apresentação de recomendações IV	78
Figura 33 - Estrutura de ficheiro KML.....	87
Figura 34 - Pontos de Carregamento na área de Lisboa	88
Figura 35 - Pontos de Carregamento na área de Barcelona.....	89

1. Introdução

A procura por energias alternativas e renováveis como forma de combate à poluição e alterações climáticas, e como alternativa à limitação de reservas de petróleo no planeta, tornam os veículos eléctricos uma inevitabilidade num futuro próximo.

Em Junho de 2009 foi lançada a Rede Nacional de Mobilidade Eléctrica (*Mobi-E*)¹ que prevê a instalação de 1300 pontos de carregamento para veículos eléctricos em 21 municípios do país. Os pontos de carregamento serão instalados em diferentes equipamentos urbanos e existirão pontos de carregamento rápido, 20 a 30 minutos, e pontos de carregamento lentos, 6 a 8 horas. Que permitirão uma gestão de necessidades e custos de acordo com o perfil dos condutores e tentando aproveitar ao máximo as fontes de energia renováveis e os diferentes preços da energia ao longo das 24 horas do dia.

Um dos projectos que mais se destaca no âmbito desta iniciativa é o projecto *Mobi-Guimarães*, que está inserido no evento *Capital Europeia da Cultura 2012*. Desenvolvido em parceria com o Centro para a Excelência e Inovação na Indústria Automóvel (CEIIA) e com a Universidade do Minho, o projecto prevê o desenvolvimento de um veículo eléctrico totalmente nacional. O novo veículo irá utilizar as infra-estruturas de carregamento da cidade e será previsivelmente o primeiro cenário totalmente integrado desta nova realidade.

¹ <http://www.mobi-e.pt>

Com os veículos eléctricos surgem também uma série de novos paradigmas e necessidades no quotidiano das pessoas. Problemas como o tempo de carregamento das baterias de um carro eléctrico, a disponibilidade de pontos de carregamento e as flutuações de preço no mercado da energia criam uma série de necessidades que deverão ser endereçadas por sistemas de informação desenvolvidos segundo o novo paradigma de globalização e disponibilidade quase sem limites de conectividade à rede mundial de informação.

No entanto diariamente é produzido em todo o mundo um grande volume de nova informação, que em grande parte é disponibilizada a todas as pessoas e sistemas do planeta através da internet. Este volume de informação torna impossível encontrar a informação que nos interessa e que é realmente importante para a nossa necessidade imediata, sem recorrer a filtros, à experiência de outras pessoas e a classificadores, que limitem a informação que nos é apresentada. Neste contexto os sistemas de recomendação são uma ferramenta essencial para filtrar e contextualizar semanticamente a informação que nos é apresentada.

1.1. **Motivação**

O novo paradigma de mobilidade criado pelo veículo eléctrico e o estado actual de desenvolvimento de sistemas de informação, principalmente na área de dispositivos móveis, tornam evidentes as vantagens do desenvolvimento de um sistema que responda às necessidades específicas dos condutores destes tipos de veículos, não limitando no entanto o âmbito dos serviços que pode disponibilizar.

Um estudo de 2010 da Câmara de Nova Iorque [1] concluiu que a adopção de veículos eléctricos pelos habitantes da cidade irá dever-se ao potencial ecológico mas também ao facto de estes representarem o que de tecnologicamente mais avançado existe na indústria automóvel. Assim será importantes os veículos disponibilizarem sistema de bordo que ofereçam todas as funcionalidades que os exigentes consumidores esperam dos veículos que representam o futuro da tecnologia.

Tratando-se de uma área em franco crescimento e que é uma aposta séria de Governos, comunidade científica, académica e de empresas privadas, existe um conjunto de oportunidades e necessidades que precisam de ser respondidas e onde ainda há muito trabalho para desenvolver.

1.2. Objectivos do Trabalho

O presente trabalho tem como objectivo apresentar um modelo conceptual para um sistema que responda às necessidades específicas de um condutor de um veículo eléctrico, demonstrando a sua aplicabilidade através do desenvolvimento de um protótipo funcional. É proposto um modelo de integração com as redes inteligentes de energia de forma a obter a posição geográfica dos pontos de carregamento e detalhes sobre os mesmos

É proposto um sistema de recomendação que tem como objectivo apresentar ao utilizador o ponto de carregamento recomendado de acordo com as suas preferências, com as suas escolhas habituais e de acordo com os dados recolhidos do mercado de energia permitindo otimizar custos. O sistema de recomendação é igualmente utilizado para apresentar ao utilizador os locais e serviços de interesse na proximidade de um ponto de carregamento ou com serviços típicos ligados à mobilidade em grandes áreas urbanas.

O sistema comunica com os sistemas do veículo a fim de obter informação sobre estado da bateria. A comunicação com a bateria do veículo permite controlo dos carregamentos com o objectivo de otimizar custos.

A integração da informação do sistema de recomendação com a informação da rede inteligente de energia e a interface com os sistemas do veículo permite a emissão de alertas durante a utilização normal do veículo.

Controlar a autonomia do veículo e indicar qual o ponto mais próximo de carregamento, utilizando a informação de posicionamento geográfico, o perfil do utilizador para indicar a direcção prevista do percurso, preferências entre carregamento rápidos ou lentos, preços do mercado de energia e proximidade de transportes públicos, são os principais objectivos do sistema. O sistema disponibiliza ao condutor um conjunto de pontos de interesse, i.e. pontos de carregamento, interface com transportes públicos, parques de estacionamento com carregamento ou zonas turísticas de interesse, baseando-se num sistema de recomendação com base no perfil e preferências do condutor.

O sistema terá como alvo um dispositivo móvel que poderá ser um *Personal Data Assistant* (PDA) ou um dispositivo integrado no veículo, tendo em atenção as especificidades destes dispositivos que apresentam vantagens como a mobilidade e a integração com sistemas de posicionamento geográfico e desvantagens como limitação de capacidade de processamento e dimensão do interface gráfico.

2. Estado da Arte

2.1. Veículos Eléctricos

A história dos veículos eléctricos começa aproximadamente ao mesmo tempo dos veículos com motores de combustão. No século XIX, Thomas Edison construiu o primeiro veículo movido a motor eléctrico. No entanto foi apenas no final do século XX, no início dos anos 90 que, pressionados pela crescente consciencialização para os problemas ambientais, as principais marcas construtoras de automóveis começaram a encarar os veículos eléctricos como uma certeza incontornável.

Várias tecnologias de baterias e soluções de propulsão começaram a ser desenvolvidas, e neste momento os carros eléctricos podem ser separados em dois grandes grupos: (1) Veículos Eléctricos com Bateria; e (2) Veículos Eléctricos Híbridos.

Os veículos eléctricos híbridos combinam a tradicional tecnologia de motores de combustão com um motor eléctrico que é responsável por mover o veículo quando este se desloca a uma velocidade baixa. Isto permite reduzir a utilização do motor de combustão e consequentemente reduzir as emissões de gases tóxicos. Os veículos híbridos têm apresentado um desenvolvimento gradual e sustentado, baseados na sua autonomia, uma vez que não estão dependentes apenas da electricidade, tornando a transição de um veículo normal para um eléctrico muito mais simples e apresentando ganhos em termos ambientais.

No entanto a grande revolução será introduzida pelos veículos puramente eléctricos, ou seja, veículos apenas movidos a energia eléctrica, com armazenamento de energia em baterias e tecnologia para recarregamento directamente na rede eléctrica. Mais do

que um novo tipo de automóvel, este tipo de veículos irá provocar uma revolução nas redes de distribuição eléctrica e no paradigma de mobilidade.

No seguinte quadro, baseado em *C.C.Chan* [23] mas introduzindo os veículos com motores de combustão interna (MCI), comparo os dois grupos de veículos eléctricos com os veículos com MCI numa série de pontos-chave:

Tipo de Veículos	VE com bateria	VE Híbridos	Veículos MCI
Propulsão	<ul style="list-style-type: none"> • Motor Eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Motor Eléctrico • Motor de Combustão interna (MCI) 	<ul style="list-style-type: none"> • Motor de Combustão interna (MCI)
Sistema de energia	<ul style="list-style-type: none"> • Bateria • Ultracondensador 	<ul style="list-style-type: none"> • Bateria • Ultracondensador • Sistema de MCI 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de MCI
Fonte de Energia e Infra-estrutura	<ul style="list-style-type: none"> • Rede de energia eléctrica, <i>smart grid</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Estações de gasolina • Rede de energia eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> • Estações de gasolina
Características	<ul style="list-style-type: none"> • Zero emissões • Alta eficácia energética • Independência de fontes de energia não renováveis • Baixa autonomia • Alto custo inicial 	<ul style="list-style-type: none"> • Baixas emissões • Menos consumo do que os carros apenas com motor de combustão interna • Alta autonomia • Dependentes de fontes de energia não renovável • Mais caros do que os veículos MCI 	<ul style="list-style-type: none"> • Altas emissões • Baixa eficácia energética • Total dependência de fontes de energia não renovável • Alta autonomia • Mais económicos do que veículos eléctricos e híbridos • Maior desempenho em termos de potência e velocidade

Tipo de Veículos	VE com bateria	VE Híbridos	Veículos MCI
Principais problemas	<ul style="list-style-type: none"> Bateria e gestão da bateria, autonomia Pontos de carregamento Custo 	<ul style="list-style-type: none"> Várias fontes de energia Dimensão e gestão da bateria 	<ul style="list-style-type: none"> Poluição Futura escassez de fontes de energia

Tabela 1 - Comparação entre tecnologias

Veículos totalmente eléctricos

Também designados por Veículos Eléctricos a Bateria (VEB), a principal componente destes veículos, e também a que maior esforço de desenvolvimento tem tido nos últimos anos é exactamente a unidade de bateria. As limitações da bateria são de facto as razões que levaram ao desaparecimento dos VEB durante um século, e à sua tardia imposição no mercado automóvel.

Existem duas características principais para classificar uma bateria:

Capacidade de armazenamento

Indica a energia que a bateria consegue armazenar. Mede-se em Kwh.

Capacidade Nominal

Medido em *a-h*, ampere-hora, indica a quantidade de carga eléctrica transferida por uma corrente estável de um ampere durante uma hora.

O Nissan *Leaf*, que deverá ser o 1º carro eléctrico a ser vendido de forma alargada em Portugal, terá uma capacidade de armazenamento de energia de 24 Kwh, dando-lhe uma autonomia (com condução cuidada) de cerca de 160 km.

2.1.1. Modos de carregamento

Existem neste momento quatro tecnologias em desenvolvimento para sistemas de carregamento para veículos eléctricos: (1) Carregamento lento; (2) Carregamento rápido; (3) Troca de baterias; e (4) Carregamento por indução magnética.

Carregamento Lento

Modo de carregamento que será tipicamente utilizado em pontos de carregamento privado, como habitações. Tipicamente a potencia disponibilizada por uma tomada para carregamento de veículo eléctrico numa habitação privada será de 3,68 kW (230V, 16A).

Simulando o carregamento de um Nissan *Leaf* numa tomada normal de 230 V, 16 A (e desprezando-se perdas e outros factores), precisaríamos de $24 / 3,68 = 6,5$ horas para carregar as baterias.

Carregamento Rápido

Modo de carregamento que será tipicamente utilizado em pontos de carregamento público ou em estacionamento de empresas. O carregamento rápido utiliza igualmente a instalação da rede eléctrica mas baseia-se numa tomada trifásica com uma potência que pode em teoria chegar aos 43,5 Kw (400V, 63A). Utilizando o mesmo exemplo do Nissan *Leaf*, o tempo de carregamento será dado por: $24 / 43,5 = 0,55$, ou seja cerca de 30 minutos para carregar a bateria na sua totalidade.

Carregamento por troca de bateria

A empresa *Better Place* [4] em parceria com a Nissan apresenta uma solução para pontos de serviço onde existirão mecanismos robóticos para troca de baterias. O conceito é o de que o condutor de um VEB ao necessitar de carregar as baterias do seu veículo, em vez de ligar a um ponto de carregamento e aguardar a sua recarga, dirige-se a um ponto de troca *better place*, onde um mecanismo automático retira o conjunto de baterias do seu veículo, armazena-as num local onde serão recarregadas, e substitui imediatamente por um conjunto de baterias que já se encontre carregado. De acordo com a apresentação pública da *better place*, o processo irá demorar um total de 10 minutos. Este sistema irá ser testado num projecto-piloto com os táxis de Tóquio.

Carregamento por indução magnética

Ou carregamento livre de contacto, este sistema permite o carregamento da bateria do veículo sem a ligação de qualquer cabo. Basta ao condutor estacionar o carro sobre uma placa, que estará colocada no chão, e que quando electrificada produz um campo

magnético que induz a corrente eléctrica para uma segunda placa que estará instalada no veículo, carregando a bateria sem ser necessário qualquer ligação.

A seguinte figura retirada do sítio da Nissan² ilustra este processo:

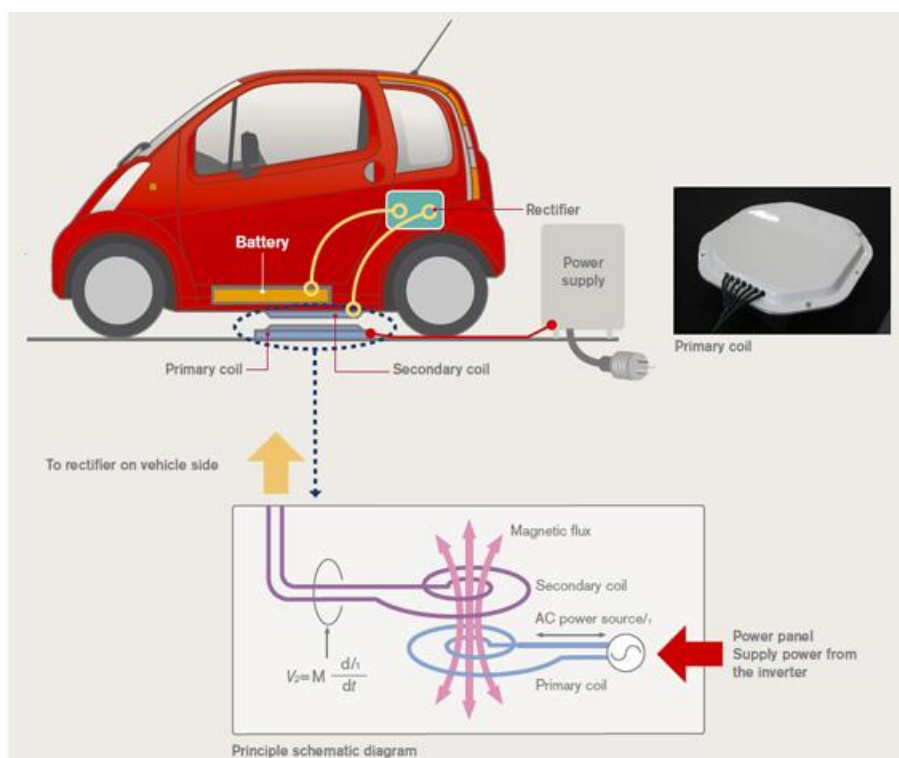


Figura 1 - Carregamento por indução magnética

2.2. Sistemas de Recomendação.

A evolução dos sistemas de informação tanto ao nível de infra-estruturas como de ferramentas de criação e disponibilização de conteúdos, a adopção de sistemas de informação para a implementação de processos de negócio das empresas, a migração dos negócios tradicionais para a internet, as redes sociais, as redes de conhecimento e a digitalização e disponibilização do conhecimento armazenado em livros ao longo de séculos transferindo-o para a internet acessível a todos, são alguns dos factores que contribuem para a crescente quantidade de informação a que temos acesso.

Neste contexto o desafio deixou de ser o de obter a informação, mas sim o de filtrar a informação que nos é realmente útil.

² <http://www.nissan-global.com/EN/TECHNOLOGY/INTRODUCTION/DETAILS/CHARGING/>

Este desafio torna-se ainda mais pertinente quando se utilizam dispositivos móveis onde a dimensão dos ecrãs limita a quantidade de informação que pode ser disponibilizada de uma vez ao utilizador [14].

Desde meados dos anos 1990 que começaram a aparecer os primeiros estudos sobre sistemas de recomendação, principalmente sobre filtragem colaborativa [11]. A filtragem colaborativa esteve na base da criação do primeiro sistema de recomendação [24] e [25] e indicava um método de filtragem de informação com auxílio humano, ou seja, a informação era filtrada com base na classificação que lhe era atribuída por grupos de interesse [10].

De então para cá esta tem sido uma área de estudo com cada vez mais interesse em parte impulsionada pelos *sites* de comércio *online*, na busca por formas de aumentar as suas vendas. Os visitantes e clientes destes *sites* ao efectuarem pesquisas e compras, ou ao classificarem os produtos de acordo com as suas preferências estão a gerar informação que pode ser utilizada para que lhes sejam recomendados outros produtos dos quais podem gostar. Estão igualmente a contribuir para as recomendações apresentadas a utilizadores que demonstrem gostos ou comportamentos semelhantes aos seus.

Podemos encontrar outro exemplo de utilização de sistemas de recomendação na área do turismo, ligada à recomendação personalizada de destinos turísticos ou de pontos de interesse [14] de acordo com gostos, mas também com dados demográficos registados no perfil de cada utilizador.

Existem várias técnicas de recomendar e filtrar informação, os sistemas de recomendação podem ser englobados em quatro principais categorias: (1) sistemas de recomendação baseados no conteúdo; (2) filtragem colaborativa (CF); (3) recomendação baseada em classes de estereótipos pré-definidos; e (4) sistemas híbridos.

2.2.1. Baseados em Conteúdo

Ao utilizador serão recomendados itens semelhantes aos que ele preferiu no passado.

O sistema armazena um perfil de utilizador que vai sendo moldado à medida que o utilizador interage com os itens que lhe são apresentados. O interesse do utilizador em cada item pode ser medido de forma implícita, analisando a forma como este se comporta em cada situação, ou de forma explícita, através de formas de classificação de itens utilizando escalas de interesse. A informação do perfil e do comportamento do utilizador é comparada com informação futura classificando a sua utilidade, ou seja, o previsível interesse que o item terá para o utilizador.

A utilidade de um item s para um utilizador c pode ser representada da seguinte forma $u(c, s)$ e é estimada de acordo com $u(c, si), si \in S$ em que S é o conjunto de itens semelhantes a s .

Os sistemas de recomendação baseados no conhecimento tiveram a sua génese nos algoritmos de recuperação de informação, originalmente desenvolvidos para ajudar na gestão da grande quantidade de publicações científicas produzidas principalmente a partir de 1940 [15]. Estes algoritmos são vocacionados principalmente para recomendar itens que contêm informação textual não estruturada, tal como documentos e páginas de internet, e baseiam a pesquisa em palavras-chave.

Uma das principais formas de classificar a utilidade de um item com base nas suas palavras-chave é a função TF-IDF, que significa, frequência do termo (TF) - inversa da frequência do documento (IDF). A função permite medir o peso de uma palavra t num determinado documento d medindo a sua frequência TF, expressa pela fórmula

$$tf_{t,d} = \frac{f_{t,d}}{\max_{d \in C} \{f_{t,d}\}}$$

onde c é a colecção de documentos, ponderada pela inversa da frequência do documento IDF, expressa pela fórmula,

$$idf_t = \log_2 \left(\frac{N}{df_t} \right), \text{ para } 0 < df_t \leq N$$

o que permite reduzir o peso de termos que aparecem em muitos documentos [17], ou seja, o peso de uma palavra-chave num documento é dado por

$$tf_{t,d} \times idf_t$$

e, conseqüentemente, o conteúdo de um documento é composto pela colecção de palavras-chaves que contém.

Nos sistemas de recomendação a informação recuperada é utilizada para construir o perfil do utilizador. A caracterização dos gostos do utilizador é sintetizada na sua

definição de perfil e pode ser vista como um vector de pesos, em que cada peso representa a importância de determinada característica nos itens que preferiu no passado. A construção do vector de perfil é o resultado da média dos vectores que caracterizam os itens preferidos pelo utilizador.

Os sistemas baseados no conteúdo podem utilizar outras técnicas, distintas dos algoritmos de recuperação de informação, como por exemplo classificadores *Bayesian*, e técnicas de aprendizagem automática como árvores de decisão, agrupamento e redes neuronais. Estas técnicas calculam a utilidade de um item baseando-se na análise de um modelo aprendido pela análise dos dados do sistema e não de heurísticas como vimos no caso anterior.

Este tipo de sistemas apresenta algumas limitações. Os sistemas têm dificuldade em analisar itens que não sejam documentos de texto, e.g. ficheiros de imagem, vídeo ou áudio. Tem também a dificuldade de analisar documentos de texto em que sejam usados sinónimos.

Um novo utilizador, que esteja a utilizar o sistema pela primeira vez não apresenta dados suficientes para que lhe sejam feitas recomendações. Este problema subsiste enquanto o utilizador não tiver utilizado o sistema um número de vezes suficientes até que o perfil calculado seja efectivamente representativo dos seus gostos.

2.2.2. Baseados em Colaboração (Filtragem Colaborativa)

Ao utilizador serão recomendados itens que pessoas com gostos semelhantes aos seus preferiram no passado.

Este tipo de sistemas parte do pressuposto que utilizadores com gostos semelhantes tendem a comportar-se da mesma forma perante um determinado item.

O sistema analisa o perfil do utilizador e procura o perfil de outro ou outros utilizadores que mais se assemelhem ao seu. Depois utiliza a informação registada sobre a forma como os outros utilizadores interagiram com os itens do sistema para apresentar as recomendações. O perfil do utilizador é um vector com a classificação que o

utilizador atribui a cada item. Para encontrar utilizadores com perfis semelhantes, o sistema compara os vectores de perfil de cada utilizador.

Nos sistemas de Filtragem Colaborativa (CF) a utilidade u de um item s para o utilizador c é estimada pela utilidade desse item para os outros utilizadores, ou seja, $u(c_j, s), c_j \in C$, onde C é o conjunto de utilizadores cujo perfil de assemelha ao do utilizador [11].

Os sistemas CF podem ser divididos em dois grandes grupos: (1) Sistemas baseados em memória e (2) sistemas baseados no modelo. O primeiro baseia-se em algoritmos de agrupamento de forma a colocar o utilizador no grupo de utilizadores que mais se lhe assemelham. Depois o sistema calcula a utilidade do item com base na utilidade do item para cada utilizador do grupo. De forma a otimizar este cálculo alguns sistemas atribuem um peso à utilidade do item para cada um dos outros utilizadores do grupo, o peso é calculado com base na distância que existe entre o utilizador actual e o outro utilizador do grupo. Quando mais semelhantes forem os perfis, maior será a utilidade do item [11].

Os sistemas baseados no modelo utilizam técnicas de aprendizagem automática para criar um modelo utilizando as preferências do grupo de utilizadores do sistema, que mais se assemelham ao utilizador actual. O modelo aprendido é utilizado para calcular a utilidade de cada item. A principal vantagem de gerar um modelo é a performance, pois em sistemas com muitos utilizadores e muitos itens, o processamento de algoritmos de agrupamento torna-se demasiado complexo e conseqüentemente o peso do seu processamento torna-se o ser demasiado alto.

Os sistemas CF têm problemas a apresentar recomendações quando existem poucos utilizadores e são pouco representativos. São também pouco eficientes quando a matriz utilizadores, itens é demasiado esparsa, o que torna difícil encontrar semelhanças entre utilizadores.

Utilizadores com gostos pouco comuns terão também alguma dificuldade em encontrar itens que lhe sejam úteis através do gosto de outros utilizadores.

2.2.3. Baseados em Classes de Estereótipos

Ao utilizador serão recomendados itens que estudos demonstraram ser do gosto da sua classe definida por dados demográficos.

Estes sistemas baseiam as recomendações nos dados do perfil de utilizador. Ao registar-se no sistema são pedidos ao utilizador uma série de dados como idade, raça, data e local de nascimento e até gostos e preferências, como desporto, actividades ao ar livre ou actividades culturais.

Todos os dados recolhidos e armazenados no perfil do utilizador permitem ao sistema classifica-lo como pertencente a uma classe de estereótipos previamente definida num modelo de classificação.

Uma vez classificado o utilizador, todas as recomendações apresentadas terão como base recomendação que foram previamente classificadas como sendo da preferência da classe à qual o utilizador pertence.

Estes sistemas têm a vantagem de não estarem dependentes de escolhas anteriores do utilizador, como nos sistemas baseado no conteúdo. Assim não existirá o problema de um novo utilizador que entra na plataforma e não tem recomendações ajustadas aos seus gostos.

A grande desvantagem destes sistemas é o grande esforço inicial para identificação das classes de estereótipos, e da margem de erro elevada que pode existir ao agrupar os utilizadores pelos seus dados demográficos e não pelos seus gostos demonstrados.

2.2.4. Sistemas Híbridos

Ao utilizador serão recomendados itens obtidos através da combinação de duas ou mais das técnicas anteriormente discutidas.

Todas as técnicas de recomendação apresentadas anteriormente têm lacunas que limitam a sua eficácia. Algumas técnicas têm problemas relacionados com a entrada no sistema de novos utilizadores que ainda não demonstraram os seus gostos, outras têm problemas na recomendação de novos produtos que ainda não foram classificados por qualquer utilizador.

A combinação de duas ou mais destas técnicas permite aumentar a eficácia das recomendações produzidas. Tipicamente os sistemas de recomendação híbridos

combinam os pontos fortes dos sistemas baseados no conteúdo com os pontos fortes sistemas baseados na colaboração, como ilustrado na seguinte figura:

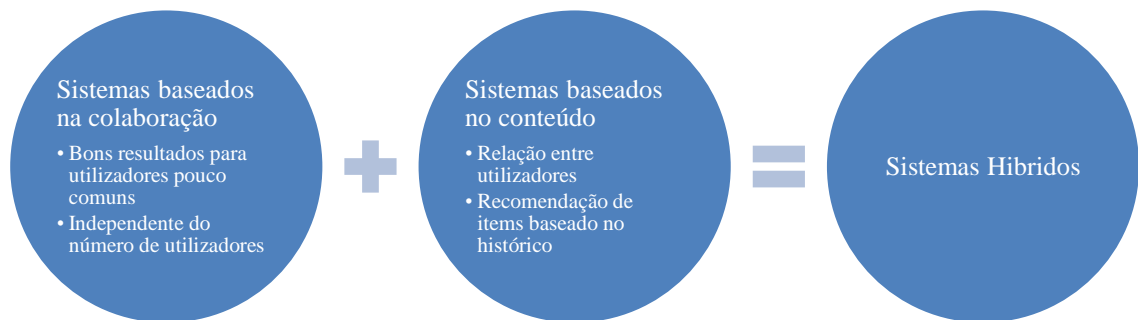


Figura 2 - Sistemas de recomendação híbridos

3. Modelo Conceptual do Sistema

O Sistema de Recomendação para Condutores de Veículos Eléctricos (SiREV) é um sistema de utilização pessoal e desenvolvido para dispositivos móveis. O sistema compila informação contextual sobre a sua posição geográfica e sobre a autonomia da bateria, sugerindo opções sobre pontos de carregamento na rede de mobilidade eléctrica tendo em conta as preferências do utilizador.

O sistema pode ser adaptado a duas formas de utilização, que podem ser autónomas ou funcionar de forma complementar: (1) num dispositivo móvel, smartphone; ou (2) integrado no veículo, como parte do seu sistema de informação a bordo.

3.1. Contexto do sistema e integração com sistemas externos

O sistema interage com uma série de sistemas externos com o objectivo de compilar informação necessária para auxiliar o utilizador nas suas escolhas. Na seguinte figura estão representados os sistemas com os quais o SiREV interage.

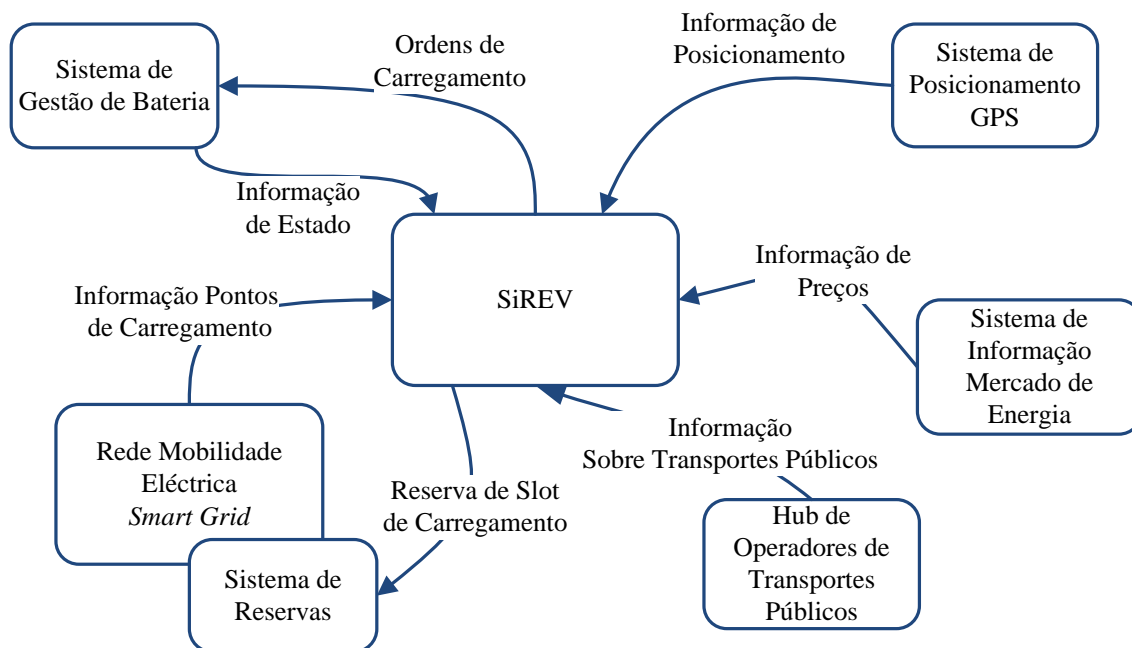


Figura 3 - Diagrama de Contexto

O SiREV é o sistema desenvolvido no âmbito deste projecto, todos os outros sistemas são assumidos como já existentes ou são conceitos que poderão ser objecto de estudo noutros contextos. De seguida descrevo sucintamente o enquadramento de cada um dos sistemas externos e qual o seu contributo para o SiREV.

Sistema de Gestão de Bateria – Sistema que controla e monitoriza o estado das baterias do veículo. Recolhe informação sobre o estado da bateria, a intervalos regulares, de forma a disponibilizar informação actualizada e a controlar a autonomia do veículo.

O sistema permite controlar os carregamentos da bateria disponibilizando no seu interface operações para emitir ordens de **início**, **pausa** e **fim** de carregamento.

Todos os veículos eléctricos a entrar no mercado têm integrado um sistema de gestão de bateria que disponibiliza as funcionalidades necessárias ao SiREV, se bem que não existe ainda uma especificação de interface adoptada por todas as marcas.

Sistema de Posicionamento Geográfico, GPS – O sistema recolhe informação sobre o posicionamento geográfico do veículo. Permite o cálculo de distâncias entre pontos geográficos e disponibiliza mecanismos de apresentação gráfica de mapas e pontos

geográficos. A utilização de GPS massificou-se e praticamente todos os dispositivos móveis de gama média, média-alta têm associados receptores de GPS e aplicações de posicionamento.

Sistema de Informação do Mercado de Energia – O mercado de energia é composto por uma série de intervenientes que têm impacto no preço da energia que varia ao longo do dia e do ano mediante diversos factores. O sistema de informação agrega esta informação e disponibiliza-a para sistemas terceiros trazendo benefícios tanto para produtores como para consumidores. Este sistema que não existe actualmente e é só por si possível objecto de estudo, mas que conceptualmente faz sentido e o SiREV está preparado para receber informação deste tipo de sistemas.

Hub de Operadores de Transportes Públicos – Sistema em desenvolvimento no âmbito de diversos projectos, como por exemplo o *TransXChange*³ no Reino Unido, disponibiliza informação sobre um conjunto de operadores de transportes públicos, nomeadamente horários e percursos. A integração do SiREV com este sistema tem como objectivo permitir recomendar ao condutor pontos de carregamento perto de interfaces de transportes públicos que possam servir como alternativa à utilização do veículo eléctrico.

Rede de mobilidade eléctrica, *Smart Grid* – Conceito actualmente em desenvolvimento mas já implementado na maioria dos grandes operadores de energia eléctrica. O sistema da *smart-grid* tem como objectivo o controlo inteligente da rede de distribuição de energia, controlando picos de utilização e de produção.

O SiREV integra com o sistema da *smart grid* de forma a obter informação sobre os pontos de carregamento, tipos de carregamentos, condições e serviços disponibilizados. Quando em carregamento, o sistema está ligado directamente à *smart grid* de um operador e pode, entre outros serviços, sincronizar dados de pagamentos ou gestão de conta corrente.

Sistema de Gestão de Reservas – Uma das integrações possíveis entre Veículo e Rede de Energia (V2G) é a facilidade de após a selecção, no sistema de bordo, de um ponto

³ <http://www.dft.gov.uk/transxchange/>

de carregamento, de entre os disponíveis no raio de autonomia da bateria, comunicar com o operador desse ponto de forma a validar a disponibilidade de *slots* de carregamento e efectuar uma reserva, indicando o tempo previsto de chegada. De forma a lidar com as diversas questões que se levantam na gestão das reservas de *slots*, como por exemplo o registo de falhas de comparência, será necessário existir um Sistema de Gestão de Reservas que centralize os pedidos, servindo como *broker* entre os operadores dos pontos de carregamento e os sistemas do VE.

3.2. Casos de Utilização

O sistema está centrado na interacção com o utilizador, que deverá ser simples e intuitiva, uma vez que será utilizado num veículo em situação de viagem, pelo que deverá exigir o mínimo de atenção possível apresentando apenas as opções contextualizadas pelo sistema de recomendação de forma a reduzir o seu número e maximizar a sua utilidade. Tendo em conta este pressuposto, no seguinte diagrama apresento os casos de utilização:

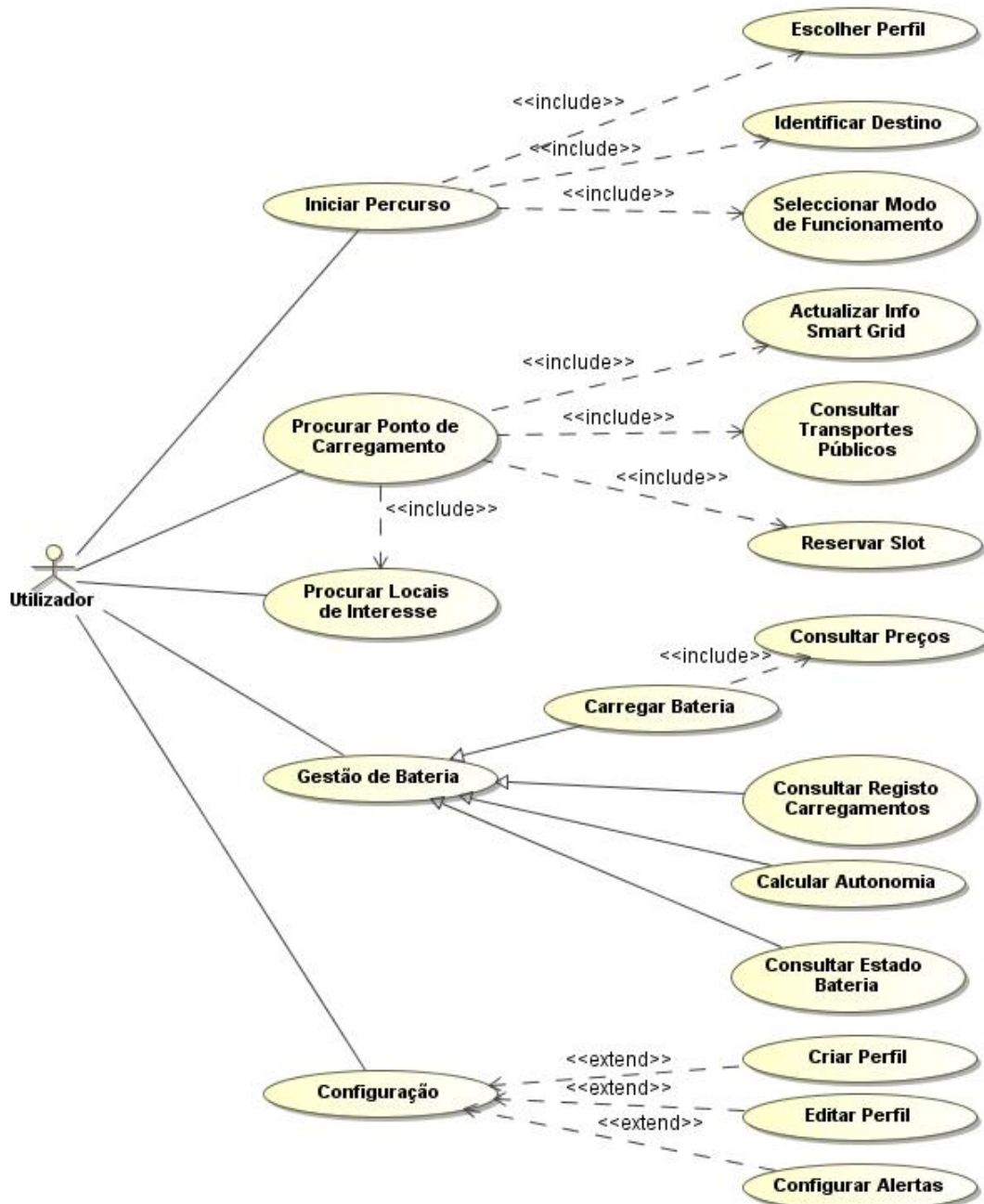


Figura 4 - Casos de Utilização

Descrição dos casos de Utilização:

Iniciar Percurso – Ao entrar na viatura, o utilizador inicializa o sistema que irá executar os seguintes casos de utilização:

- **Escolher Perfil** – o sistema mantém registo do perfil de vários utilizadores, pelo que será possível seleccionar qual o perfil a utilizar no percurso que se vai iniciar.
- **Identificar Destino** – o sistema guarda uma lista de destinos pré-definidos pelo utilizador como por exemplo, Casa ou Emprego. Ao conhecer o destino da viagem, o sistema de recomendação valida o estado da bateria e a autonomia apresentando ao utilizador a melhor opção para carregamento, indicando se será necessário parar para carregar ou carregar apenas no destino.
- **Selecionar modo de funcionamento** – o sistema de recomendação necessita de saber qual o objectivo da viagem, se se trata de uma viagem directa de casa para o trabalho, ou se pelo contrário, se trata de uma viagem de lazer em forma de passeio na busca por pontos de interesse. Com base nesta informação serão gerados alertas de recomendação para paragens em locais de carregamento rápido ou perto de transportes públicos no caso de viagens directas. No caso de modo de passeio serão recomendadas paragens perto de locais de visita com interesse para o utilizador.

Procurar Ponto de Carregamento – a indicação de um ponto de carregamento pode ser de forma automática pelo sistema de recomendação, ou despoletada pelo utilizador. Em ambos os casos a pesquisa pelo melhor ponto de carregamento inclui os seguintes casos de utilização:

- **Actualiza informação sobre a Smart Grid** – poderá ser despoletada pela pesquisa de ponto de carregamento, ou por uma actualização automática periódica. Actualiza informação de posicionamento, tipo de carregamento, serviços disponibilizados e preço dos postos de carregamento na área geográfica em que o utilizador se encontra.

- **Consultar Transportes Públicos** – o sistema consulta informação sobre transportes públicos de forma a identificar pontos de carregamento perto de interfaces de transportes com o objectivo de avaliar a possível alternativa à viagem no VE.
- **Reservar Slot** – após o condutor seleccionar um ponto de carregamento o sistema irá tentar reservar um *slot*. O sistema comunica com o Sistema de Gestão de Reservas, indicando a identificação do ponto de carregamento desejado. É devolvida uma resposta que pode ser positiva, indicando que o *slot* está reservado e a hora da reserva, ou então uma resposta negativa indicando que não existem *slots* disponíveis.

Procura Locais de Interesse – o utilizador pode a qualquer momento fazer uma pesquisa mais específica por locais de interesse, sem aguardar pelas recomendações do sistema. O utilizador pode por exemplo efectuar uma pesquisa por serviços de restauração ou hotelaria para situações pontuais.

Gestão de Bateria – o utilizador terá sempre disponível informação sobre o estado actual da bateria e autonomia calculada. No entanto poderá consultar mais detalhadamente os seguintes casos de utilização:

- **Carregar bateria** – o utilizado dá ordem à bateria para iniciar carregamento, no caso de estar ligada a um ponto de carregamento.
- **Consultar preços** – O sistema consulta os preços do mercado de energia de forma a encontrar a melhor solução de *timming* de carregamento, emitindo ordens à bateria para parar ou recomeçar o carregamento caso a oscilação no preço ultrapasse limites pré-definidos.
- **Consultar registo de carregamentos** – o sistema mantém um registo detalhado de todos os carregamentos com informação sobre o local de carregamento, data de início e fim de carregamento e custo. O utilizador pode listar os registos indicando um intervalo de datas.

- **Calcular autonomia e Consultar estado da bateria** – o sistema apresenta páginas com mais detalhe sobre o estado da bateria e o cálculo da autonomia.

Configuração – o utilizador configura as opções de sistema, nomeadamente a informação sobre perfis e alertas.

- **Criar Perfil** – o utilizador cria um novo perfil indicando informação sobre o utilizador como o nome e informação de caracterização de gostos e preferências.
- **Editar Perfil** – a qualquer momento o utilizador pode alterar a informação inserida na criação do registo. A alteração nas preferências do utilizado pode ter impacto nos dados registados automaticamente pelo sistema de recomendação.
- **Configurar Alertas** – o utilizador configura activa ou desactiva alertas e pode alterar os valores que despoletam alertas como por exemplo o valor mínimo de autonomia da bateria ou preço da energia.

3.3. Funcionalidades

O ponto central do SiREV é o sistema de recomendação, toda a informação recolhida dos vários sistemas externos é utilizada para processar as recomendações produzidas para o utilizador. A informação recolhida é transformada e processada de forma a adequá-la aos requisitos do sistema, pelo que a integração com cada componente externo é uma área funcional por si só.

Para além dos sistemas externos, o sistema de recomendação também recebe informação do perfil do condutor, incluindo o seu historial de escolhas.

A seguinte figura representa a relação entre as áreas funcionais do sistema:

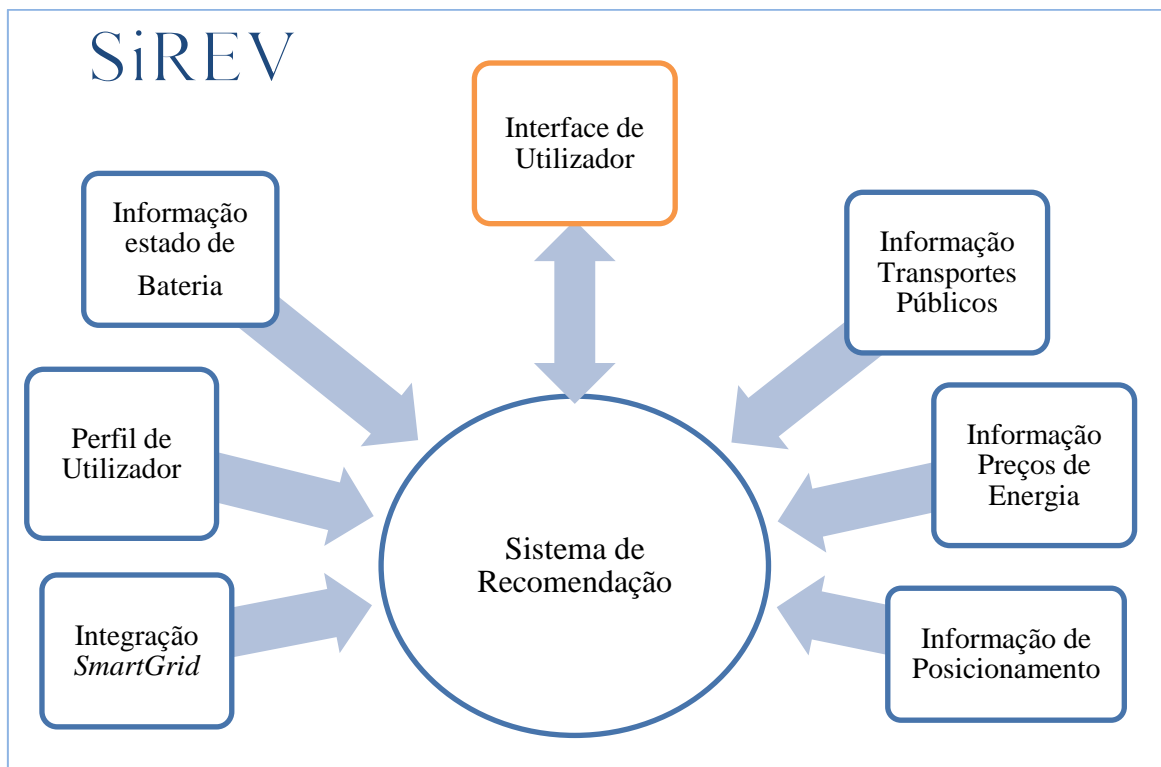


Figura 5 – Modelo Funcional

De seguida especifico as funcionalidades de cada uma destas áreas funcionais:

3.3.1. Sistema de Recomendação

O sistema de recomendação tem como função filtrar o conjunto de opções que são apresentadas ao condutor, reduzindo a quantidade de informação disponibilizada, apresentando apenas a mais relevante e de forma ordenada.

Analisei os vários tipos de sistema de recomendação e optei pela utilização de um sistema de Recomendação Baseado no Conteúdo. O principal motivo para esta opção foi o facto de o sistema ser direccionado para uma utilização pessoal, que deve reflectir ao máximo as escolhas tomadas pelo utilizador e não basear-se nas preferências de outros utilizadores.

No entanto este tipo de sistema de recomendação não responde a todos os requisitos, nomeadamente à possibilidade de o sistema propor diferentes opções de acordo com diferentes alturas do dia, situações ou modos de funcionamento. Foi necessário introduzir mais uma dimensão no cálculo da utilidade dos itens. Assim passo a representar a utilidade u de um item s da seguinte forma, $u(c, d, s)$ em que d representa o contexto. A utilidade de um item passa a ser calculada num espaço de n dimensões, *utilizador x item x contexto*.

Incluindo o contexto no algoritmo de recomendação permite ao sistema adequar as suas recomendações de acordo com as diferentes situações em que o utilizador se encontra. Por exemplo, se o sistema detectar que a bateria atingiu o limite configurado para despoletar um aviso de necessidade de carregamento, o sistema terá de analisar o conjunto de pontos de carregamento disponíveis no raio de autonomia do veículo. Num sistema de recomendação baseado no conteúdo as recomendações seriam sempre os pontos de carregamento mais vezes seleccionados pelo condutor. No entanto esta informação poderá estar incorrecta uma vez que o condutor, ao contrário do habitual, desta vez está de fim-de-semana e não tem pressa em carregar a bateria, preferindo inclusivé um ponto de carregamento lento mas próximo de um ponto de interesse turístico.

Nesta situação o sistema pode adequar as suas recomendações tendo em conta o contexto, ou seja, o facto de ser fim-de-semana e do sistema estar configurado no modo “Passeio”.

Introdução de Informação Contextual

A informação contextual é uma extensão aos sistemas de recomendação e é uma técnica utilizada para melhorar as recomendações produzidas. Podendo ser utilizada tanto em sistemas baseados no conteúdo como em sistemas de filtragem colaborativa, a informação contextual tenta responder às variações que existem nas preferências dos utilizadores mediante condições externas ao sistema [11]. Num sistema de recomendação turístico, a altura do ano irá influenciar as preferências pois um utilizador pode preferir destinos de praia no verão e destinos de neve no inverno. As preferências do utilizador podem também variar com a hora do dia, tendências do mercado ou mesmo o clima. A escolha de um filme varia com a companhia do utilizador, se está com amigos poderá preferir ver um filme diferente do que irá ver com namorada.

Alguns autores [11] [18] propõem que a informação de contexto seja introduzida no sistema, passando de um espaço bidimensional composto por *utilizador x item*, para um espaço multidimensional

$$u : D_1 \times \dots \times D_n \rightarrow R.$$

que inclui não só o utilizador D_1 e o item D_2 , como também as outras n dimensões que representam cada uma das situações do contexto actual. Cada dimensão D é representada pelo seu vector de características e o algoritmo de representação terá de encontrar o melhor tuplo (d_1, \dots, d_n) que maximiza a utilidade [11].

Sistema de recomendação implementado pelo SiREV

O sistema tem como entrada uma lista de itens disponíveis para selecção recebidos do subsistema de informação de pontos de carregamento, analisa cada um dos itens calculando a sua utilidade com base na informação de perfil do utilizador e também em informação de contexto.

Como discutido anteriormente o sistema utiliza n dimensões para o cálculo da utilidade de cada item: o utilizador D_1 , o item D_2 e o contexto D_3 .

A seguinte figura representa o sistema de recomendação implementado, e ilustra a preocupação em manter a implementação do sistema de recomendação desacoplado dos restantes sistemas, disponibilizando as suas funcionalidades através de uma interface bem definida que permita a fácil substituição do modelo de recomendação por outros modelos sem ser necessário alterações ao SiREV:

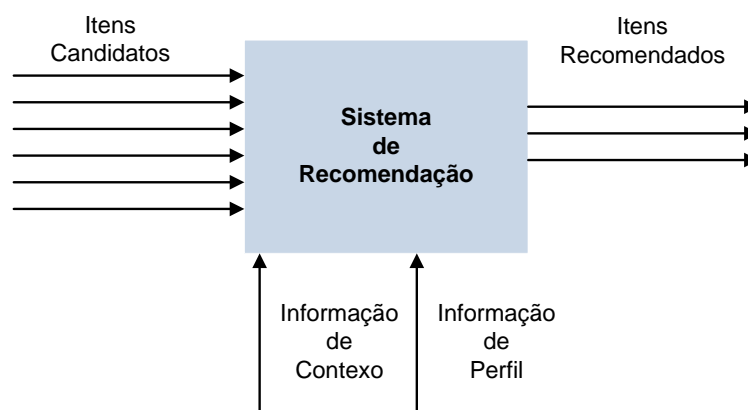


Figura 6 - Sistema de Recomendação

Itens Candidatos

È o conjunto de itens disponíveis para selecção pelo utilizador. Representam todas as opções válidas de pontos de carregamento, ou seja, todos os pontos de carregamento dentro do alcance do veículo. A lista de itens candidatos é compilada pelo SiREV através da informação recebida do módulo de informação de pontos de carregamento, que fornece a lista de pontos de carregamentos.

Informação de Perfil – Historial

O historial do perfil do utilizador não é mais do que o reflexo das suas escolhas ao longo do tempo de utilização do sistema. Sempre que o utilizador faz uma escolha é registado no seu perfil o contexto em que a escolha foi feita, o item seleccionado e os itens preteridos. O histórico perfil é representado por uma matriz de três dimensões. A primeira dimensão é o utilizador, a segunda dimensão o contexto e a terceira dimensão é o item. Para cada escolha são criados 3 registos, um com o item seleccionado e dois com os itens preteridos. A diferenciação é feita pela atribuição de uma classificação ao item. No caso do sistema de recomendação baseado no conteúdo este campo apresentará apenas dois valores, o valor máximo no caso de o item ser escolhido e o valor mínimo no caso de ser preterido. Este registo tem como objectivo permitir a reutilização do

histórico no caso de alteração para um sistema baseado na colaboração, e ajudar no cálculo de utilidade de cada item.

Informação de contexto

A informação de contexto é definida por quatro características, que representam: (1) modo de funcionamento: “passeio” ou “directo”; (2) altura do dia: “manhã”, “tarde” ou “noite”; (3) destino: “casa” ou “trabalho”; (4) Estado da Viagem: “Na origem” “Em Viagem” e “No Destino”. Esta informação é mantida pelo SiREV sendo recolhida através de interacção com o condutor, (1) e (3), ou através do próprio sistema (2) e (4).

O cálculo do valor da altura do dia é feito com base na hora do sistema, considerando “Manhã” até ao meio-dia, “Tarde” até às 19:00 horas e noite a partir daí.

O cálculo do valor do Estado da Viagem é calculado com base na distância até ao destino seleccionado. Quando o sistema é iniciado está no estado “Na Origem”. Logo que inicia a sua viagem passa ao estado “Em Viagem”. Quando está a menos de 5 Kms do destino passa ao estado “No Destino”.

Itens recomendados

Os itens recomendados são a saída do sistema de recomendação, e representam o resultado da execução do algoritmo de recomendação com os parâmetros recebidos. É retornada uma lista de dimensão configurável e ordenada pela utilidade de cada item de forma descendente, ou seja, o item com maior utilidade à cabeça e item com menor utilidade no fim da lista.

No sistema são analisados e recomendados pontos de carregamento.

Cada item é representado por um vector das suas características. As características são classes de valores.

Os pontos de carregamento são caracterizados por:

- Tipo de carregamento: “Lento”, “Rápido” e “Drop-off”;
- Operador: “Mobi.e”, “Better-Place” e “EDP”
- Tipologia: “Rua”, “Parque ao ar livre” e “Parque Coberto”;
- Serviços: “Sem Serviços”, “Serviços de Lavagem” e “Serviços de lavagem e Segurança”
- Interface com Transportes públicos: “1”, “0”

- Próximo de Ponto de Interesse: “1”,”0” – Apenas será utilizado para o cálculo da utilidade no caso em que o modo de funcionamento seja “Passeio”.

Cálculo da utilidade

As recomendações serão apresentadas ao utilizador ordenados de acordo com a utilidade de cada item, e apenas os 3 itens com maior utilidade serão apresentados. De seguida define-se o que é a utilidade e como é calculada.

O modo de cálculo da utilidade de cada item poderá ser só por si o objecto de um estudo mais alargado podendo ser baseado em algoritmos de recuperação de informação, como por exemplo classificadores *Bayesian*, e técnicas de aprendizagem automática como árvores de decisão, ou utilizando agrupamento e redes neuronais.

Sendo o objectivo deste trabalho a demonstração da utilidade de um sistema de informação para condutores de veículos eléctricos que inclua um sistema de recomendação que permita otimizar a sua utilização, e não a discussão do modelo ideal de recomendação ou cálculo da utilidade dos itens, optei pela implementação de um algoritmo de classificação simples, baseado na técnica de *Nearest Neighbor*, que servirá como prova de conceito. A arquitectura do sistema é no entanto pensada para permitir a introdução de modelos de recomendação alternativos de forma simples e totalmente transparente para os restantes subsistemas.

A utilidade de um item representa a sua relevância para a escolha que o utilizador está a fazer, sendo que um item com uma maior utilidade será potencialmente mais relevante para o utilizador. O objectivo do algoritmo é encontrar de entre todos os itens candidatos, aqueles que terão maior utilidade.

Após cada escolha do utilizador cada item será classificado com uma pontuação máxima ou mínima, no caso de ser seleccionado ou preterido. Para calcular a utilidade de cada item será utilizada a distância ao *Nearest Neighbor*, ou seja, ao item de histórico que foi seleccionado e que mais se assemelha ao item candidato, de entre os itens seleccionados num determinado contexto, ou seja apenas serão utilizados no cálculo itens que tenham a pontuação máxima, itens que tenham sido seleccionados. Não são considerados no algoritmo itens que não tenham sido seleccionados.

Existem várias variações do algoritmo *Nearest Neighbour*, no entanto o aspecto mais importante é a definição do cálculo da distância entre dois itens. A distância entre dois itens indica a sua similaridade, ou seja, a distância é menor para itens mais semelhantes e maior para itens mais diferentes. No presente cenário os itens são caracterizados por classes de valores e não por valores numéricos, pelo que não será possível utilizar os modos clássicos de cálculo de distância como o *Manhattan* ou a distância Euclidiana. Assim para calcular a distancia entre dois itens contabilizo o número de características de um item que são diferentes de outro.

Se um item tiver todas as suas características iguais às de outro item, a distância entre ambos é zero. No caso oposto, se um item tiver todas as suas características diferentes de outro item a distância entre ambos é máxima.

Definido o modo de cálculo da distância, é preciso definir a forma como a informação de contexto é introduzida. Foi definido que o cálculo da utilidade μ seria feito com base no *utilizador, item e contexto*.

O utilizador é definido pelo histórico das suas escolhas que devem reflectir as características do item seleccionado e o contexto em que a escolha foi efectuada. Por sua vez cada item e cada contexto são definidos por um vector de características:

Podemos assim definir que um item num determinado contexto é caracterizado não só pelo seu vector de valores como também pelo vector dos valores do contexto, pelo que um item candidato passa a ser definido por:

$Item = \{I1, I2, I3, I4, C1, C2, C3\}$, em que $\{I1, I2, I3, I4\}$ são as características do item e $\{C1, C2, C3\}$ são as características do contexto. O que estamos a fazer é aumentar o número de dimensão do vector que define o item.

Desta forma a informação de contexto passa a caracterizar cada item e a influenciar a distância entre itens escolhidos e itens candidatos, tendo um impacto positivo em itens seleccionados em contextos semelhantes e um impacto negativo em itens seleccionados em contexto diferentes.

Uma vez definida a forma de cálculo da utilidade e a introdução da informação de contexto, será de seguida definido o algoritmo

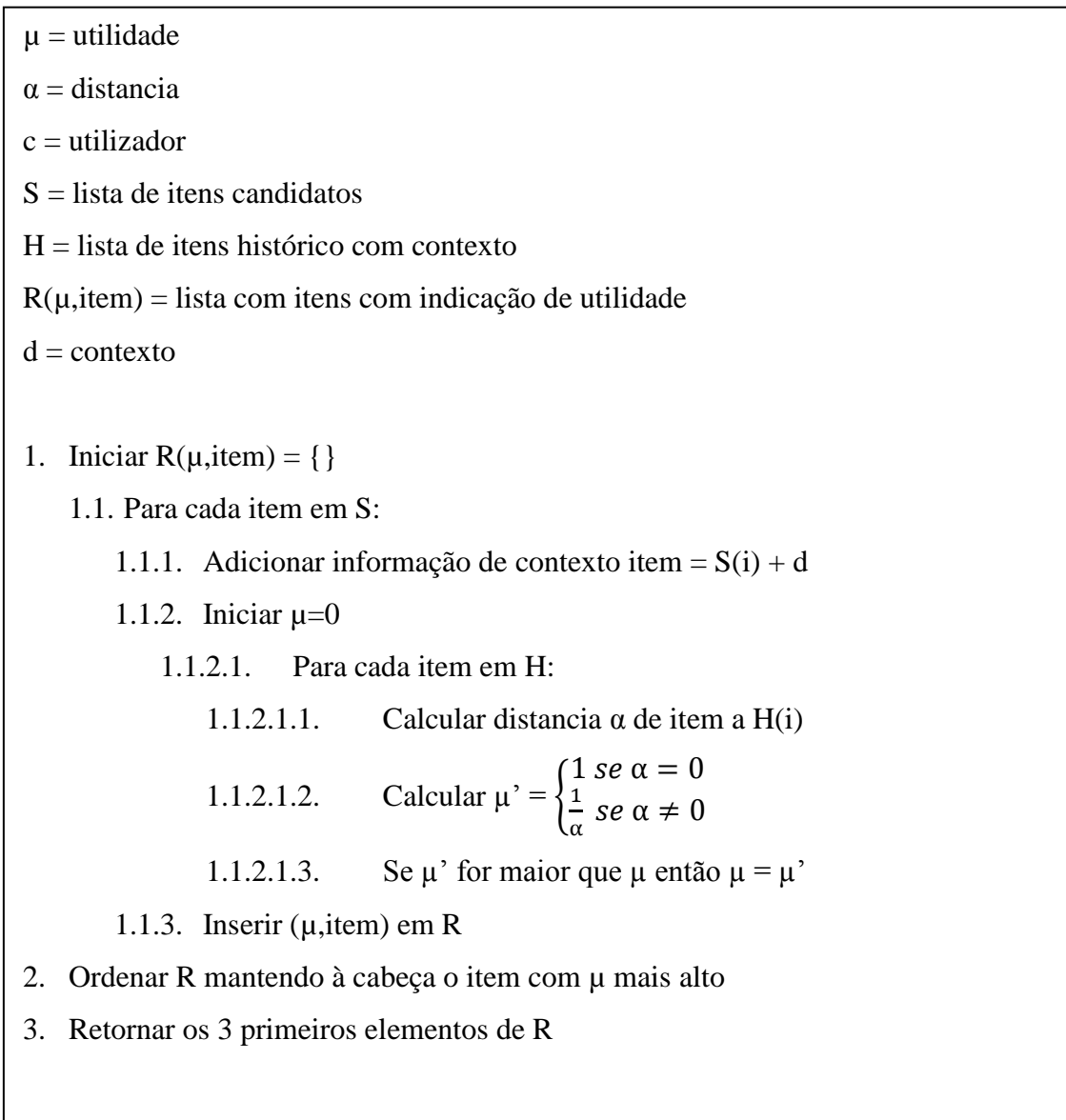


Figura 7 - Algoritmo *Nearest Neighbor*

3.3.2. Informação de estado da bateria

O SiREV consulta periodicamente o sistema do veículo que é responsável pela gestão das baterias e recebe informação sobre o seu estado com o objectivo de controlar a autonomia do veículo. Quando a autonomia prevista do veículo baixa dos 50 km é despoletado um alerta que resulta num aviso ao condutor, juntamente com uma lista dos pontos de carregamento recomendados.

Durante o carregamento da bateria o SiREV mantém a monitorização de forma a apresentar o progresso e despoletar alertas ao condutor quando o carregamento tiver completo. Durante carregamentos de longa duração o carregamento pode ser interrompido e recomeçado de acordo com as flutuações de preços no mercado da energia de forma a otimizar custos.

O SiREV envia ordens de pausa e continuação de carregamento, em situações de carregamentos lentos, de forma a minimizar os custos de carregamento, utilizando a informação recolhida do preço da energia, e o conhecimento sobre horários e tarifas.

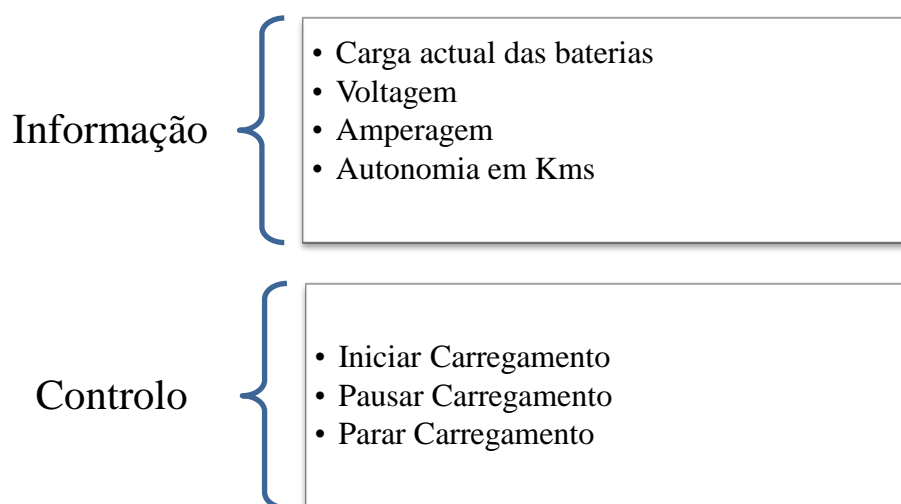
Os veículos eléctricos têm um sistema integrado de gestão das baterias as quais variam em número e capacidade entre os diferentes construtores mas que em comum devem incluir um modo de monitorização que mede a carga actual de cada bateria, a sua voltagem e amperagem, e autonomia. O sistema de gestão da bateria tem a responsabilidade de a cada momento controlar cada uma das baterias do veículo e de calcular a autonomia baseado no consumo actual, ou utilizando algoritmos de modelos de consumos mais elaborados. Existem já diversos projectos de sistemas de gestão de bateria, desde os mais simples, que efectuem leituras directamente em cada bateria, apresentando o estado em simples mostradores de LEDs, até sistemas mais complexos, desenvolvidos pelos construtores de veículos eléctricos, e que deverão ser incluídos no equipamento de série das viaturas.

Os principais construtores de veículos automóveis que estão a destacar-se no desenvolvimento e disponibilização de veículos eléctricos, como é o caso da Nissan, que irá disponibilizar um carro 100% eléctrico já em 2010, nos mercados dos EUA e do Japão, apostam em sistemas de monitorização de baterias proprietários e integrados nos seus sistemas de informação do veículo eléctrico. A Nissan apresentou o seu sistema de

informação de controlo do veículo eléctrico denominado “EV-IT”, que disponibilizará, entre outros serviços, a autonomia do veículo de acordo com a presente carga das baterias e condição de utilização, notificação remota do condutor de bateria carregada, monitorização de estado de carregamento e agendamento de carregamentos [22]. No entanto, e como acontece com outros construtores como a Renault, Toyota, Daimler e Peugeot, que apostam forte nesta área, os construtores não disponibilizam informação sobre a integração dos sistemas de controlo do veículo com o sistema de gestão das baterias.

Será no entanto natural uma evolução para um *standard* de integração entre os dois sistemas, permitindo uma abertura do mercado aos construtores dos componentes para os veículos. O *standard* irá incidir sobre três níveis de integração: o nível físico, o nível de transporte e o nível aplicacional. Neste projecto proponho uma arquitectura genérica para a integração entre os sistemas, apresentando de seguida o modelo funcional, e no próximo capítulo os detalhes da integração.

Do ponto de vista funcional, o sistema de gestão de bateria suporta os seguintes serviços:



Adicionalmente aos serviços disponibilizados pelo próprio sistema de gestão da bateria, o SiREV disponibiliza um registo detalhado do historial de carregamentos que inclui a seguinte informação:

Historico de Carregamentos

- Local de Carregamento
- Data de início
- Data de fim
- Custo total

No caso de o sistema ficar integrado no veículo, e do mesmo ter acesso à internet enquanto carrega, é possível ao condutor verificar remotamente o estado de carregamento da bateria, ou mesmo receber um alerta quando o carregamento ficar completo.

O sistema distingue entre carregamentos em casa ou carregamentos em locais públicos, pois existem diferenças na forma como o carregamento deve ser controlado. Se o carro estiver a carregar em casa o carregamento deverá ser o mais eficiente possível em termos de custos e de gestão da carga de energia sobre a instalação eléctrica da casa do condutor. O SiREV controla, como já foi descrito, a optimização do carregamento em termos de custos através da integração com o mercado de energia. No entanto o controlo da carga colocada sobre a infra-estrutura implica uma integração mais próxima com a rede doméstica, pelo que, e já existem soluções, fará sentido que o controlo seja efectuado por um dispositivo ligado à fonte de energia que o liga ao veículo. Este dispositivo pode controlar a carga na rede doméstica, ou utilizar um registo de informação que lhe permite inferir sobre os horários de menor carga de energia na instalação, e utilizar esta informação para controlar a energia que é fornecida ao veículo.

3.3.3. Perfil de Utilizador

O SiREV mantém o registo de perfil de utilizador, o qual mantém informação sobre o utilizador e a sua utilização típica do veículo. O SiREV pode ser configurado para diferentes formas de funcionamento; (1) modo viagem, em que o objectivo é chegar do ponto A ao ponto B o mais rapidamente possível; (2) modo passeio, com avisos sobre pontos de interesse apresentados pelo sistema de recomendação; (3) modo de

carregamento, com o objectivo de otimizar o carregamento e também procurar acessos à internet para actualizações de conteúdos.

O SiREV permite a utilização por mais do que um utilizador, mantendo o registo de cada perfil. Os perfis são mantidos numa base de dados local, sendo actualizados durante a utilização do sistema, e disponibilizam a informação para o sistema de recomendações que permite o processamento de escolhas ou a construção de modelos de conhecimento.

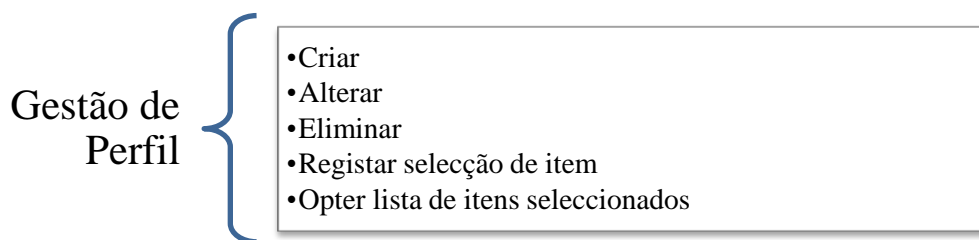
O perfil é composto pela informação do utilizador que permita uma caracterização demográfica que seja pertinente para um sistema de recomendação baseado em estereótipos, permitindo a utilização destes tipos de sistema. Contém também o histórico de todas as suas opções, incluindo itens escolhidos e itens preteridos, bem como avaliação de itens escolhidos, no caso de utilização de um sistema de recomendação baseado na colaboração.

O seguinte quadro apresenta as propriedades que compõem o perfil:

Propriedade	Descrição
Nome de utilizador	Identificador do utilizador do sistema
Nome	Nome completo do condutor
Local Casa	Informação posicionamento geográfico da morada do condutor
Local Emprego	Informação posicionamento geográfico de emprego do condutor
Sexo	Masculino ou Feminino
Data de nascimento	Com o objectivo de identificar grupo etário
UtilizadorSmartGrid	Identificação do condutor a utilizar no acesso aos serviços de reserva da smartGrid
Historial	Conjunto de itens escolhidos e preteridos pelo utilizador, com a respectiva informação do contexto em que a escolha foi feita

Tabela 2 - Propriedades do perfil de utilizador

Adicionalmente ao registo de informação, a gestão do perfil de condutor disponibiliza as seguintes funcionalidades:



Complementariamente ao perfil específico de utilizador existe também um perfil geral, associado ao veículo, e onde são registados os dados financeiros e de carregamentos.

Os modos de pagamento de serviços de carregamento a serem disponibilizados pelas operadoras irá variar de acordo com o modelo de negócio a adoptar. Neste momento existem diversos modelos de negócio em estudo, passando por modelos de facturação periódica como será o das grandes empresas fornecedoras de electricidade, já presentes no mercado doméstico, modelos de negócio baseados em contratos de pré-pagos, à imagem do modelo de negócio dos operadores de telefones móveis, sendo que poderá incluir serviços como a própria gestão dos ciclos de vida das baterias, aparecendo neste caso o modelo proposto pela empresa *Better Place*⁴. Finalmente poderão existir ainda modelos de serviços esporádicos em que os pagamentos serão efectuados no final do fornecimento do serviço, como acontece com o modelo actual para veículos movidos a combustíveis fósseis.

Qualquer que seja o modelo adoptado será necessário uma identificação do veículo perante a *smart grid*, que deverá ser através de identificadores únicos baseados em mecanismos de autenticação digital, podendo uma hipótese ser a identificação através da utilização de um certificado digital.

⁴ <http://www.betterplace.com/>

3.3.4. Integração *Smart Grid* (V2G)

Um ponto fundamental no sistema é a integração do veículo com a rede eléctrica de carregamento, *vehicle-to-grid* (V2G), que fornece os serviços de energia. Existem neste momento em discussão uma série de modelos de integração, que abrangem todas as áreas, desde a ligação física, a ligação de dados e o próprio modelo de negócio.

A integração entre os veículos e a *smart grid* é igualmente importante e crucial para ambos os intervenientes. Os veículos precisam de pontos de carregamento de forma a obter a energia que lhes permita funcionar, a *smart grid* precisa de informação dos veículos de forma a gerir a distribuição de energia. O exacto conhecimento das cargas colocadas na rede com os carregamentos, que irão variar ao longo do dia, acompanhando as migrações diárias de pessoas entre as suas casas e locais de trabalho, é de extrema importância para as redes de energia [26].

Um completo conhecimento sobre os modelos de carregamento permite a utilização de forma mais eficiente da energia disponibilizada na rede de distribuição, prevenindo picos de utilização ou alturas mais calmas. Permitirá igualmente às operadoras uma melhor gestão da energia proveniente de fontes de energia renováveis como as eólicas, com picos de produção quando as condições meteorológicas apresentam vento mais forte, podendo utilizar as baterias dos veículos ligados à rede como locais de armazenamento temporário de energia [26].

Greg Frenette, o director mundial de desenvolvimento de veículos eléctricos da Ford, apresenta como um exemplo da comunicação bidireccional entre veículo e *smart grid*, a possibilidade de o ponto de carregamento variar a potência de carregamento de acordo com as preferências do condutor, reduzindo custos de carregamento ou diminuindo o tempo de carga de forma a ter a bateria totalmente carregada e disponível quando o condutor necessita do veículo [20].

Existem em fase de especificação dois modelos de integração física entre veículos e rede. Nos Estados Unidos a especificação a utilizar será a **SAE J1772** e internacionalmente a norma que deverá ser aceite será a **IEC 62196**. No âmbito de um sistema de informação para um veículo eléctrico, o ponto em comum e interessante

nestas duas especificações é a preocupação com a inclusão de interface físico para comunicação de dados. Existe uma clara preocupação para que os sistemas troquem informação.

Para o sistema proposta neste projecto, o SiREV, os dados necessários sobre a rede de carregamento será a localização geográfica e caracterização dos pontos de carregamento identificando: (1) Operador, (2) tipo de carregamento; (3) preços e taxas do serviço; (4) horários de funcionamento; (5) outros serviços disponibilizados.

O sistema SiREV necessita igualmente que a *grid* disponibilize um interface de acesso ao Sistema de Gestão de Reservas que permite validar a disponibilidade de *slots* nos pontos de carregamento e efectuar a respectiva reserva.

Informação sobre os pontos de carregamento

Existem já disponíveis projectos que disponibilizam informação sobre redes de energia em toda a Europa. Um exemplo desses projectos é a LEMnet⁵, mantido pela Associação Suíça de Veículos eléctricos. A LEMnet mantém uma base de dados de pontos de carregamento em vários países europeus, entre os quais Portugal. A base de dados é disponibilizada em forma de vários ficheiros no formato *Keyhole Markup Language* compactado (KMZ), ver Anexo A.

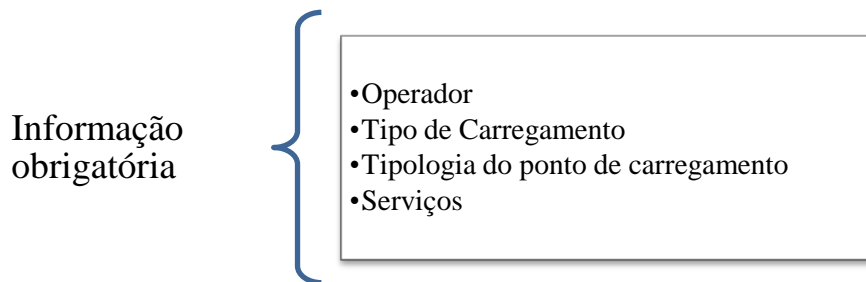
O sistema SiREV irá utilizar o formato KMZ, adoptado pela LEMnet e algumas outras entidades que disponibilizam informação sobre redes eléctricas de carregamento, como é o caso da *EV Charge Maps*⁶ nos Estados Unidos da América, para orientar o condutor nas suas escolhas de pontos de carregamento.

O SiREV irá utilizar os ficheiros KML, ficheiro de dados comprimido dentro do KMZ, para receber a informação relativa aos pontos de carregamento. A informação de posicionamento geográfico e a sua representação no sistema de navegação do veículo está claramente definida pela especificação KML, no entanto existe informação adicional necessária para que o SiREV possa processar as recomendações ao condutor.

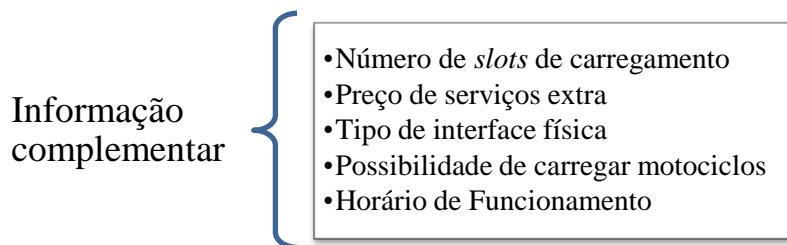
⁵ <http://www.lemnet.org/>

⁶ <http://www.evchargermaps.com/>

Adicionalmente ao posicionamento geográfico é também necessário obter informação específica sobre o ponto de carregamento:



Podendo ainda ser interessante para informação do condutor os seguintes dados:



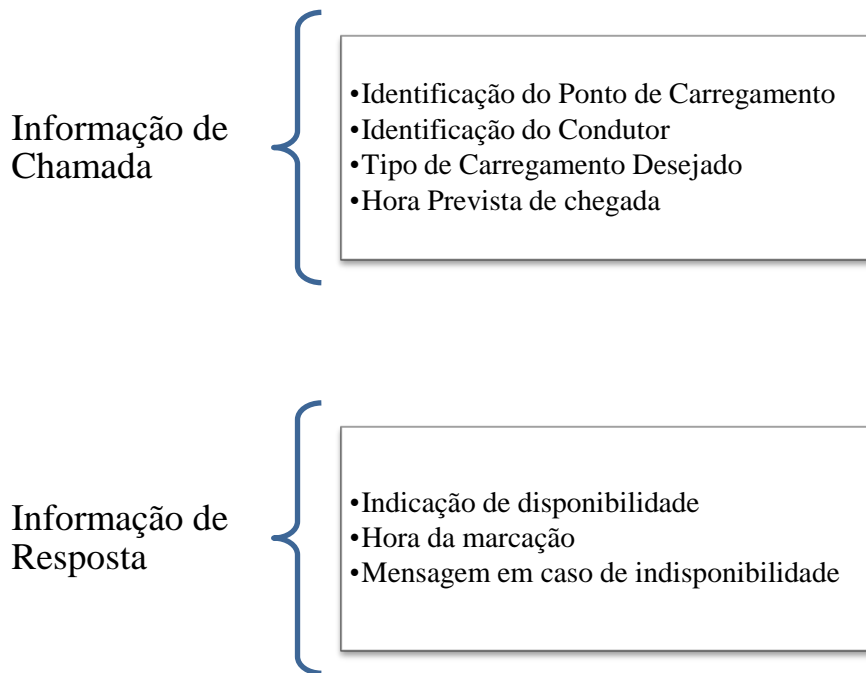
Esta informação deverá estar presente no ficheiro KML, utilizando os mecanismos fornecidos pela especificação. No próximo capítulo será explicado de que forma esta informação será enviada na estrutura KML.

Integração com Sistema de Gestão de Reservas

A informação descrita, e que o SiREV irá utilizar como entrada para o sistema de recomendação, é informação estática que deverá residir no próprio SiREV. No entanto existe também a necessidade de comunicar com o Sistema de Gestão de Reservas (SGR), comunicação que será efectuada em tempo real.

Para comunicar com o SGR deverá ser utilizada uma tecnologia que permita comunicação síncrona. O SiREV está preparado para comunicar com o SGR através de

um *WebService* que deverá disponibilizar apenas uma operação que tem a seguinte definição:



Na informação de resposta o SGR indicará o motivo pelo qual o ponto de carregamento indica indisponibilidade de *slots*, isto porque, para além do normal motivo de realmente não existir espaço para carregamento no horário indicado, também será possível que o acesso ao sistema de marcações esteja restringido ao condutor.

Uma das questões que se levantam ao propor um SGR é a possibilidade de os condutores faltarem a uma reserva efectuada, situação que pode acontecer tanto por imprevistos que impossibilitem o seu cumprimento ou mesmo situações de negligência ou utilização incorrecta.

Seja qual for a situação o SGR tem de implementar mecanismos que minimizem o impacto de *slots* estarem a ser reservados, para depois ficarem vazios por falta de comparência do condutor. Uma solução possível será a implementação de um sistema de pontos que penalize condutores sempre que estes falham a uma reserva, uma falha equivale ao somar de um ponto no registo do condutor. Quando o condutor atinge os três pontos, equivalente a três falhas terá de se deslocar a um operador e tentar reactivar o seu acesso ao SGR.

O seguinte diagrama ilustra de que forma pode ser implementado o sistema de penalização por pontos:

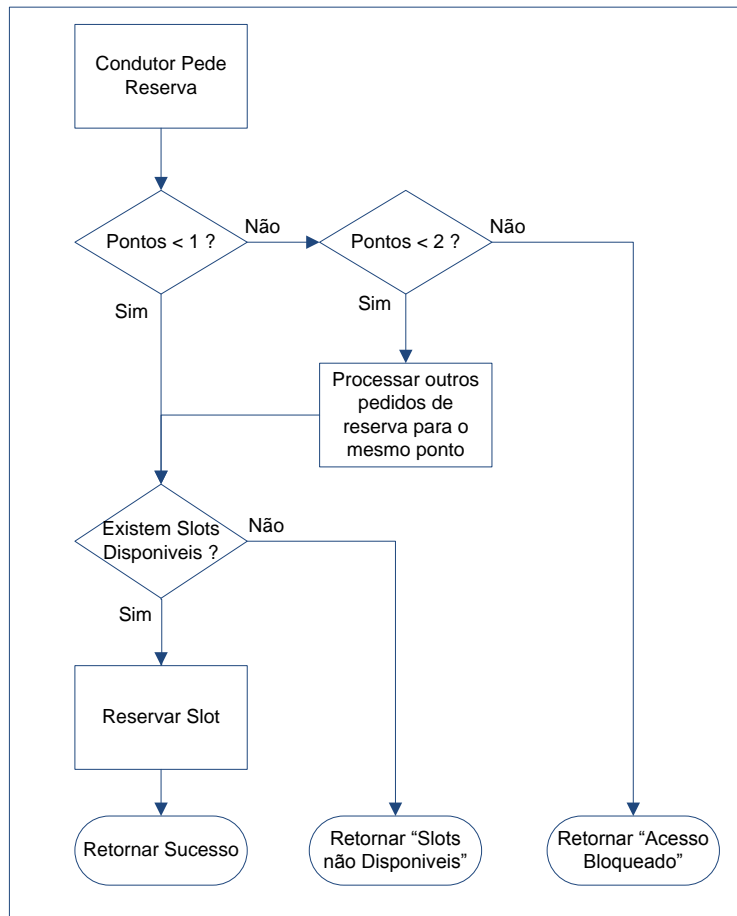


Figura 8 - Sistema de Pontos de Penalização

Existirá apenas um sistema de SGR que centraliza a informação comunicando com todos os operadores, o que permite igualmente a troca de informação sobre pontos de penalização, tornando o mecanismo mais eficiente.

3.3.5. Informação de Posicionamento

O SiREV recebe do sistema de informação de posicionamento geográfico informação sobre a posição actual do veículo e as funcionalidades que permitem o cálculo de distâncias entre dois pontos.

3.3.6. Informação de Transportes públicos

O SiREV necessita de receber informação sobre o posicionamento geográfico de interfaces de transportes públicos. A recepção desta informação será feita através da consulta a um ficheiro em formato XML que contem a informação preparada e compilada de diferentes operadores. No ficheiro constam a posição geográfica dos locais onde é possível embarcar em transportes públicos. A informação de transportes públicos será incorporada nos itens candidatos do sistema de recomendação através da afectação de uma propriedade do item que indica se está próximo ou não de um transporte público. Esta informação é mais uma dimensão que entra no cálculo da utilidade de cada item afectando positiva ou negativamente a sua pontuação de acordo com o que foram as escolhas anteriores do condutor.

3.3.7. Informação de Mercado de Energia

O SiREV recebe do mercado de energia o valor actualizado do preço da energia, consultando-o periodicamente. A única informação recebida é o preço da tarifa actual no formato euro/kWh, ou seja valor em euros por cada mil watts hora consumidos. A informação do mercado de energia é utilizada para controlar o sistema de bateria durante os períodos de carregamento. Se o preço da energia subir acima de um limite configurável, o SiREV envia uma ordem ao sistema da bateria para parar o carregamento. Se o preço voltar a baixar do nível máximo, será enviado um alerta para recomeçar o carregamento.

3.3.8. Informação Sobre Pontos de Interesse

A informação sobre os pontos de interesse está previamente carregada no sistema e é utilizada para consulta directa pelo condutor que poderá efectuar uma pesquisa rápida por pontos de interesse próximos do local onde se encontra. A informação também é utilizada na recomendação de pontos de carregamento no caso de o SiREV estar no modo de funcionamento de “Passeio”. Nesta situação os itens candidatos antes de serem enviados para o sistema de recomendação são processados contra a informação de

pontos de interesse, e todos os que ficarem a uma distância de menos de 5 Kms de um ponto de interesse será marcado como estando “próximo de ponto de interesse”.

4. Modelo de Arquitectura

O SiREV é concebido para uma plataforma móvel e centrado na interface do utilizador, devendo ser intuitiva e clara na apresentação das opções e funcionalidades. Assenta sobre tecnologias de especificação aberta e em plataformas de código aberto, livre de licenciamento.

Tendo por base estas premissas, o sistema é composto por três camadas principais:

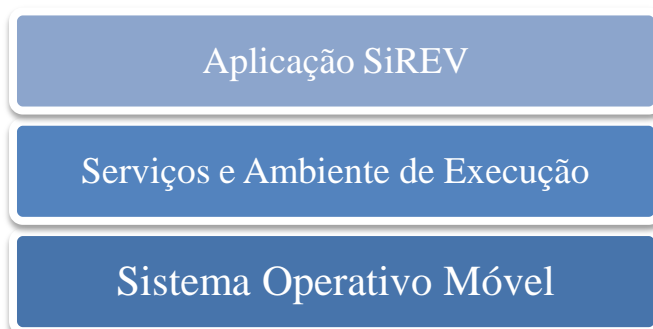


Figura 9 – Principais camadas da plataforma

4.1. Sistema Operativo Móvel

O sistema operativo (SO) móvel deverá promover a portabilidade e transparência de *hardware*, permitindo a utilização do sistema num conjunto alargado de equipamentos. O SiREV tem como principal alvo dois grupos de equipamentos: (1) *smartphones*; e (2) sistemas dedicados no veículo. Como referido, o SO deverá ser baseado em código aberto e livre de licenciamento. O SO deverá permitir a ligação a dispositivos periféricos, como é o caso do sistema de controlo das baterias.

4.2. Serviços e Ambiente de Execução

A plataforma móvel disponibiliza, sobre o sistema operativo, uma camada de serviços adicionais essenciais à execução do SiREV. Os serviços necessários ao SiREV são: (1) serviço de posicionamento geográfico GPS; (2) serviço de armazenamento de dados; (3) serviço de ligação internet; (4) serviço de envio de mensagens instantâneas e (5) serviço de notificações ao utilizador;

A plataforma deverá igualmente disponibilizar um ambiente de execução para aplicações de utilizador. O ambiente de execução deverá permitir o desenvolvimento de aplicação com interface de utilizador, ligação aos serviços da plataforma e deverá utilizar uma linguagem de desenvolvimento padrão e de código aberto.

4.3. Plataforma Móvel

As duas camadas referidas formam em conjunto a Plataforma Móvel a qual o SiREV tem como alvo e que será a plataforma móvel Android, da Google [13].

A plataforma Android é a plataforma para dispositivos móveis da empresa Google, neste momento é um dos principais sistemas operativos utilizados em *smartphones*, e o sistema que mais cresceu no mercado em 2009. A plataforma é constituída por um Sistema Operativo, uma camada de *middleware* e um conjunto de aplicações chave. O desenvolvimento de aplicações para o Android utiliza a plataforma Java e uma API bem definida e documentada.

Para desenvolvimento de aplicações a Google disponibiliza o Android SDK que é um conjunto de ferramentas e documentação, integrada no ambiente de desenvolvimento eclipse, que permite criar e testar as aplicações criadas.

O desenvolvimento de aplicações para a plataforma Android assenta sobre uma arquitectura orientada ao componente. Existe um conjunto de tipos de componentes bases que compõem cada aplicação:

Activitie – um *activitie* apresenta uma interface de utilizador e representa uma actividade específica do utilizador. Uma actividade pode por exemplo servir para mostrar uma lista de opções ao utilizador e capturar a interacção que o utilizador produzir.

Service – Um *service* não tem interface de utilização, corre em segundo plano por um período de tempo indefinido. Um serviço pode estar associado a uma ou mais actividades, que oferecem ao utilizador o controlo da aplicação, matem-se no entanto activo em segundo plano, mantendo o estado aplicacional e servindo como controlador.

Broadcast receiver – é um componente utilizado para receber anúncios transmitidos por outros componentes e que podem ter diversas origens, como por exemplo anúncio de bateria fraca, anúncio de alteração de posicionamento geográfico, anúncio de que uma fotografia foi tirada ou mesmo de que o utilizador alterou as opções de língua do equipamento.

Content provider – é o componente utilizado para disponibilizar dados da aplicação para outras aplicações. Os dados podem ser armazenados no sistema de ficheiros ou numa base de dados SQLite.

Intents – São mensagens assíncronas que despoletam o processamento de *Activities*, *Broadcast receivers* e *Services*. Um *Intent* indica ao componente receptor, qual o intuito com que está a ser invocado.

4.4. Aplicação SiREV

Tendo por base os componentes específicos da arquitectura Android⁷ e os diferentes subsistemas que compõem o sistema, o SiREV tem o seguinte modelo de arquitectura:

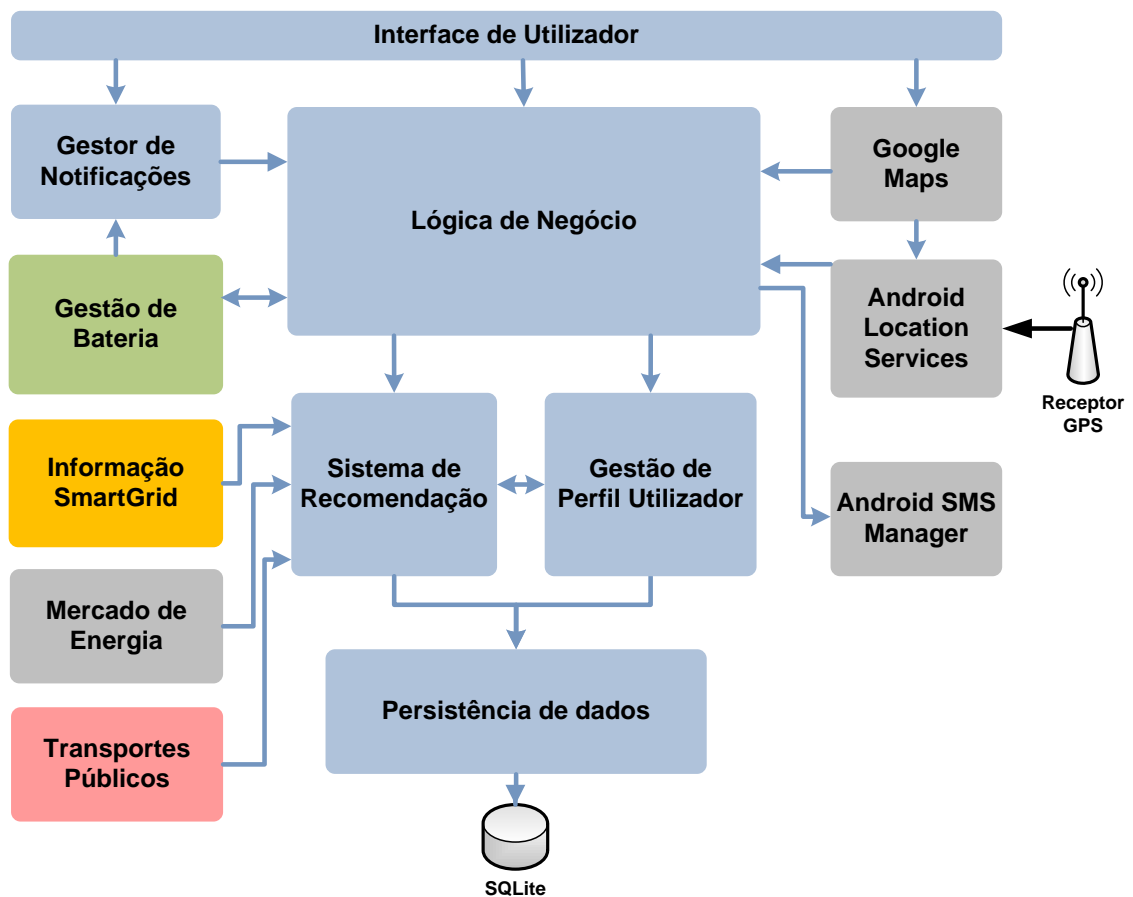


Figura 10 - Arquitectura do Sistema SiREV

Cada bloco na figura de arquitectura representa um conjunto de componentes agrupados por funcionalidade e que expõem interfaces bem definidas para comunicação com cada um dos restantes. De seguida especifico em detalhe cada um destes componentes.

⁷ O modelo apresentado está mapeado para componentes Android, no entanto é objectivo deste trabalho que o modelo seja genérico e permita a implementação sobre qualquer plataforma móvel.

4.4.1. Modelo de componentes

A arquitectura Android assenta num conjunto de componentes. O modelo do sistema SiREV utiliza esses componentes da seguinte forma:

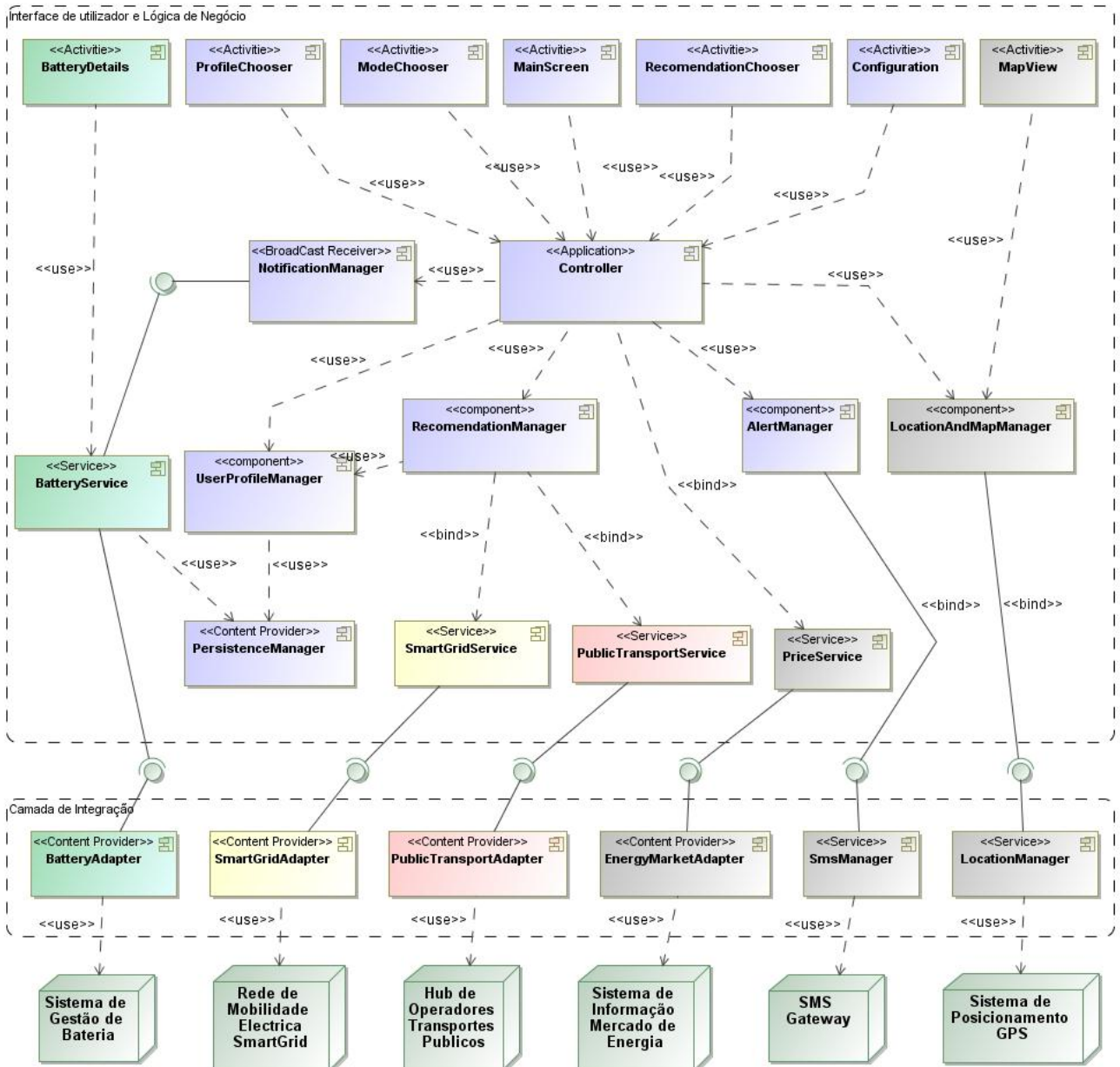


Figura 11 - Modelo de Componentes

Na figura estão ilustradas as duas camadas da aplicação e os sistemas externos: (1) Interface de utilizador e lógica de negócio; (2) Integração; e (3) sistemas externos.

Os seis componentes na parte de baixo do diagrama representam os sistemas externos com os quais o SiREV interage.

Tratando-se de um sistema para um dispositivo móvel faz sentido uma arquitectura de 2 camadas, a camada de interface de utilizador e lógica de negócio e apenas separando a camada de integração para permitir uma maior modularidade e flexibilidade na integração com os dispositivos externos.

De seguida explico cada um dos blocos do modelo de arquitectura especificando cada um dos seus componentes.

4.4.2. Interface de Utilizador

A arquitectura *android* define componentes específicos para interface com o utilizador denominados *activities*. O SiREV define um componente deste tipo para cada ecrã de funcionalidade específica.

ProfileChooser

Ecrã onde o condutor se irá identificar perante o sistema. O sistema apresenta a lista e todos os perfis registados por ordem de data da última utilização, ou seja, aparecerá em primeiro lugar na lista o último perfil utilizado.



Figura 12 - Ecrã de Escolha de Utilizador

ModeChooser

Ecrã que permite a selecção do tipo de utilização do sistema. Este ecrã permite ao utilizador definir o contexto de utilização do veículo, definindo se está em modo passeio ou directo.



Figura 13 - Ecrã de Escolha de Modo

DestinationChooser

Ecrã que permite a selecção de destinos pré-configurados. O condutor indica se o destino será casa ou emprego.



Figura 14 - Ecrã de Escolha de Destino

MainScreen

Ecrã principal da aplicação que mostra a informação actual: (1) dados de contexto, (2) autonomia e estado da bateria, e (3) dados de posicionamento.



Figura 15 - Ecrã Principal do SiREV

RecommendationChooser

Ecrã utilizado na apresentação e selecção de recomendações. Sempre que é despoletado o alerta de autonomia limitada, ou sempre que o utilizador assim o desejar, é mostrado este ecrã com as três recomendações, as mais relevantes, para pontos de carregamento de acordo com o contexto e autonomia do veículo.

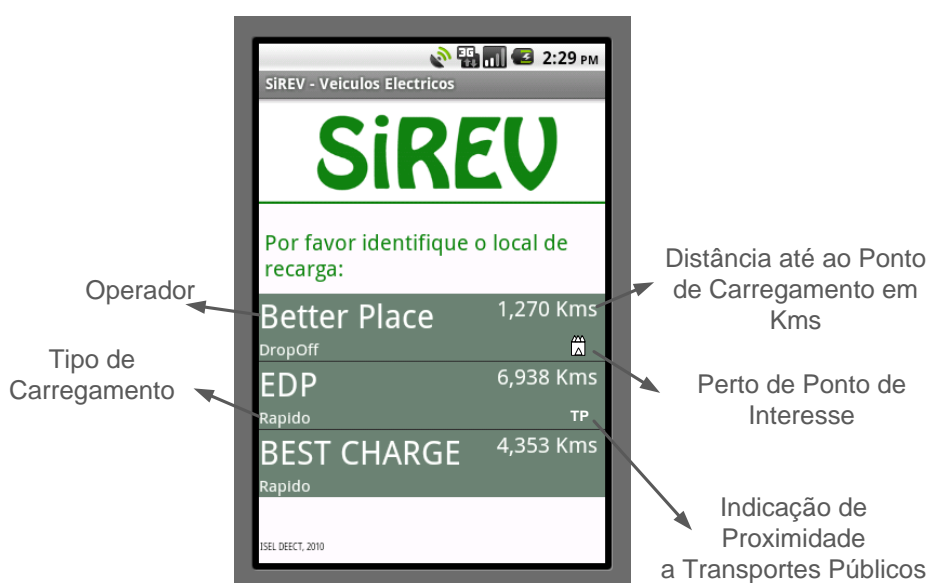


Figura 16 - Ecrã de Apresentação de Recomendações

4.4.3. Lógica de Negócio

Para além dos componentes principais definidos na arquitectura *android* existe ainda um tipo de componente que é utilizado para o controlo aplicacional. O componente designa-se de *application* e tem como função controlar o contexto aplicacional e fluxo de interface de utilizador entre as diversas *activities* que podem constituir uma aplicação. O componente *application* define o tempo de vida da aplicação e controla a interacção dos diferentes componentes e subsistemas que contribuem para apresentar as funcionalidades ao utilizador. No SiREV este componente central designa-se *Controller*, é criado quando a aplicação arranca e tem a seguinte definição.

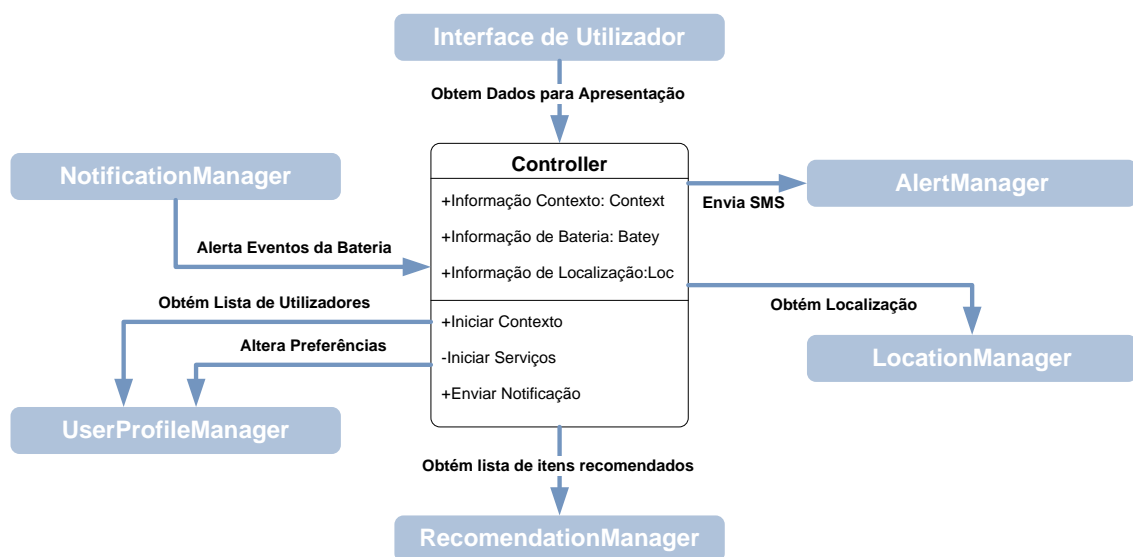


Figura 17 – Class Controller

O Controller mantém o estado da aplicação, regista a informação de contexto e faz a ligação entre a camada de apresentação e os restantes serviços e componentes.

4.4.4. Gestor de Notificações

A gestão de notificações enviadas por outros subsistemas ou componentes externos para o SiREV é da responsabilidade do componente *NotificationManager*. É um componente do tipo *broadcast receiver*. O gestor de notificações é registado no sistema no arranque da aplicação indicando que tipos de mensagem (atributo ACTION) vão despoletar a sua execução.

Neste caso o gestor de notificações do SiREV apenas irá registar mensagens relacionadas com a autonomia da bateria. Sempre que o sistema de gestão de bateria detectar que a autonomia do veículo baixou dos 50 kms, envia uma mensagem utilizando o método *Context.sendBroadcast* da API *android* com um *Intent* do subtipo *broadcastIntent* e com o atributo *ACTION* com o valor “pt.isel.sirev.LOW_BAT_ALERT”.

Ao ser enviado este *broadcast* a plataforma *android* irá criar uma instancia do *NotificationManager* e invocar o método *onReceive(Context, Intent)*. Este método mostra ao utilizador um alerta em forma de uma nova janela de alerta no topo da interface de utilizador indicando ao condutor de que deverá planear o recarregamento da bateria. O utilizador selecciona a opção “OK” que despoleta a pesquisa por pontos de carregamento e subsequente exibição das três escolhas para o utilizador.

4.4.5. Gestão de Perfil de Utilizador

A gestão do perfil de utilizador é efectuada pelo componente *UserProfileManager*. O *UserProfileManager* é uma *class* Java que tem como função disponibilizar as funcionalidades de perfil de utilizador, tanto dos dados de registo como dos dados de histórico que serão utilizados para processamento das recomendações.

A *class* tem a seguinte definição:

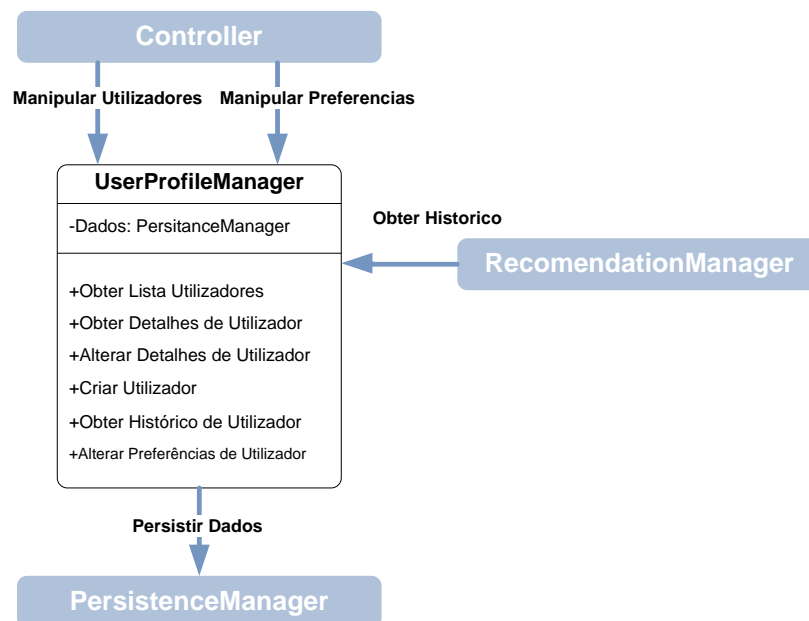


Figura 18 - Class UserProfileManager

4.4.6. Gestor de Recomendação

O gestor de recomendação, *RecommendationManager*, é uma *class* Java que tem a função de gerir a ligação ao subsistema de recomendação. Esta classe compila os dados necessários para processar recomendações, que são o **Contexto**, mantido pelo *Controller*, o **Perfil de Utilizador**, mantido pelo *UserProfileManager* e os **itens candidatos** recebidos do subsistema de informação de pontos de carregamento, filtrados pela autonomia do veículo.

O *RecommendationManager* irá de seguida enviar a lista de itens candidatos recebida, para o componente responsável pela gestão da informação de transportes públicos para este validar quais os itens que estão geograficamente perto de pontos de interface com transportes. Este componente, que se designa por *PublicTransportService*, afecta o atributo *NearPublicTransport* de cada item indicando a proximidade ou não de um transporte público.

Após compilar todos os dados necessários invoca o serviço *Recommender*, que como vai ser explicado mais adiante, é um Serviço *android* que implementa o algoritmo de recomendação.

O gestor de recomendação invoca o método, definido na interface, *getRecommendations()*. Este método retorna os três itens recomendados de acordo com os dados recebidos e obviamente como resultado da aplicação do algoritmo de recomendação definido. No caso da implementação do sistema apresentada neste trabalho, será a implementação do algoritmo *Nearest Neighbor*.

O mecanismo de *binding* para ligação aos serviços *android*, e a definição de uma interface para os serviços de recomendação, torna transparente à aplicação SiREV, tanto em termos de localização do componente como da sua implementação, a utilização de qualquer mecanismo de recomendação que se deseje, sendo extremamente simples trocar a implementação de demonstração utilizada neste trabalho por qualquer outra, inclusivamente utilizar motores de recomendação já implementados e disponíveis em código aberto, desde que implementados na linguagem Java.

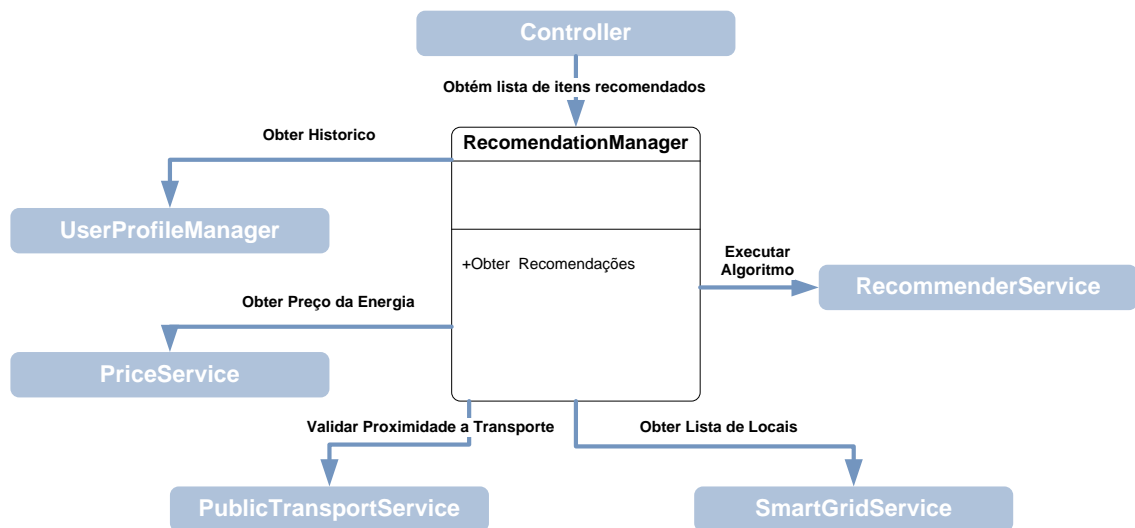


Figura 19 - Class RecommendationManager

4.5. Sistema de Recomendação

O sistema de recomendação implementa o algoritmo definido no capítulo 3.3.1 e disponibiliza uma interface de acesso que é utilizada pelo Gestor de Recomendação.

O sistema é composto por um componente *Android* do tipo *service* denominado **RecommenderService** com o objectivo de permitir transparência na integração de qualquer implementação, pois como referido anteriormente a ligação por qualquer componente a um serviço pode ser efectuada em tempo de execução bastando criar um *binding* indicando o nome do serviço, ou enviando um *broadcast* *INTENT* que identifique o tipo de serviço.

O *RecommenderService* recebe os pedidos de recomendação do *RecommenderManager* e executa o algoritmo, utilizando os dados recebidos e retorna a lista de itens recomendados.

O serviço disponibiliza apenas um método que recebe os dados devidamente preparados para a recomendação e que executa o algoritmo de *NearestNeighbour*.

O método tem a seguinte assinatura:

```

List<Item> getRecomendations(Contexto context,
                             List<Item> historyItems,
                             List<Item> candidateItems)
  
```

Devolve uma lista de objectos *Item* e recebe duas listas, uma com os itens do histórico de decisões do utilizador e outra com os itens candidatos.

O objecto *Context* representa o contexto actual do sistema, ou seja, o modo de funcionamento, o destino e a altura do dia. Cada uma das propriedades do objecto *Context* será adicionada à lista de propriedades de cada item candidato, como explicado na definição do algoritmo.

O primeiro passo na execução do método é criar um contentor para os itens processados que é uma lista ordenada pelo atributo utilidade a qual será calculada para cada item.

De seguida é iterada a lista de itens candidatos de forma a calcular a utilidade de cada elemento. O cálculo da utilidade é efectuado pela pesquisa na lista de histórico pelo item que mais se assemelha ao item actual, ou seja o item que já foi preferido pelo utilizador que mais características tem em comum com o item candidato pelo que será o que estará a uma menor distância.

Encontrado esse item é assignada a utilidade ao item candidato, que é a inversa da distância, para que um item mais próximo de outro escolhido tenha uma maior utilidade. De seguida o item é colocado de forma ordenada no contentor de itens processados.

Após terminar a iteração por todos os elementos na lista de itens candidatos é criada uma lista para retorno com dimensão 3. A esta lista são adicionados os três primeiros elementos do contentor de itens processados, que correspondem aos itens de maior utilidade.

O método retorna a lista e termina.

Este serviço tem uma grande possibilidade de expansão ou alteração. A arquitectura permite que seja implementado um sistema de recomendação que crie um modelo a partir da análise das escolhas do condutor e que vá actualizando esse perfil em segundo plano, processando novas escolhas ou informação actualizada sobre os pontos de carregamento, como por exemplo a classificação dada por outros utilizadores ou as variações nos preços do mercado de energia.

A substituição da implementação que apresento por qualquer outra é completamente transparente para o SiREV desde que seja respeitada a interface definida. Será apenas necessário configurar o SiREV para utilizar outro serviço.

4.6. Camada de Integração

O sistema interage com diferentes e heterogéneos sistemas externos que implementam diferentes padrões de integração apoiados sobre diversos protocolos de comunicação.

Para cada sistema externo identifica-se o padrão mais utilizado, a norma ou, no caso de não existir um padrão definido ou aceite universalmente, um adaptador que abstraia de uma possível implementação de um padrão *standard*.

O interface com os sistemas externos oferecem uma completa abstracção da sua implementação, com o objecto isolar e desacoplar os sistemas. Desta forma o nosso sistema é flexível para integrar como qualquer tipo de sistema desde que a interface seja respeitada. Os componentes de integração são componentes *Android* do tipo *Content Providers*, e implementam o padrão de arquitectura *Adapter* [19]. O padrão *Adapter*, permite a abstracção da interface do sistema remoto, tanto ao nível da sua definição como do canal de comunicação. Os componentes apresentam sempre a mesma interface para o SiREV, permitindo a integração de diferentes sistemas remotos, sobre diferentes tecnologias sem necessidade de alterações, apenas deverão ser desenvolvidos os adaptadores para cada sistema específico.

4.6.1. Integração *SmartGrid*

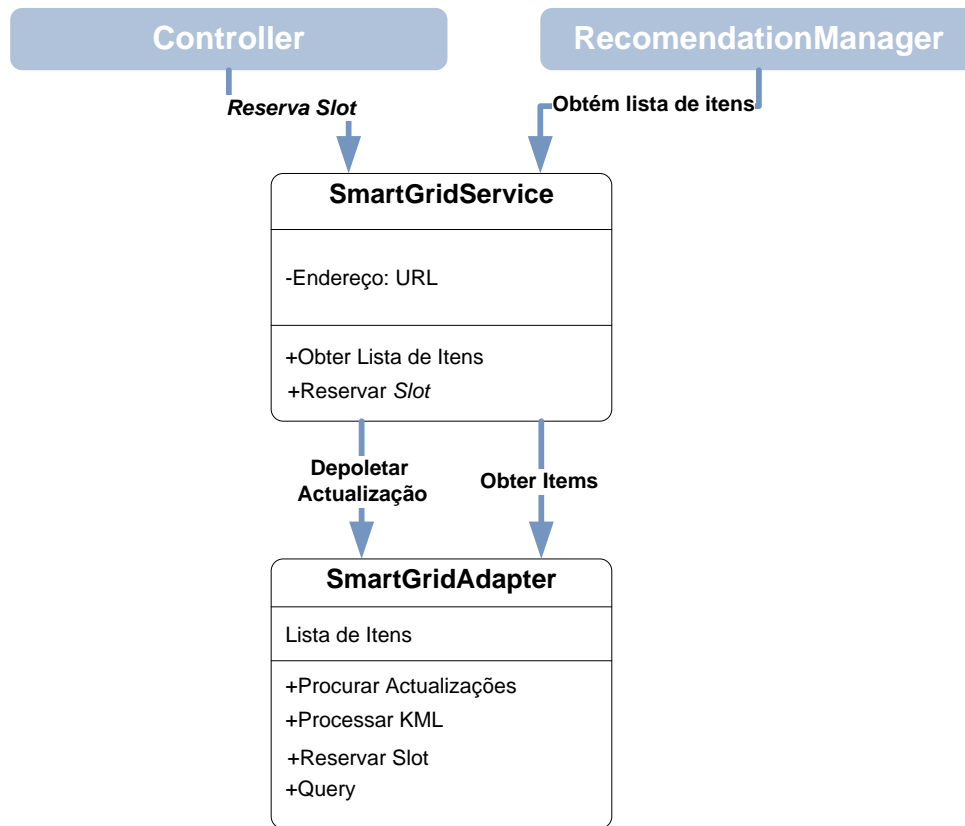


Figura 20 - Classes de Integração de Pontos de Carregamento

A informação sobre os pontos de carregamento é recebida em ficheiros XML no formato KML que são obtidos através da sincronização periódica com a *smart grid*. A sincronização é feita através de uma ligação internet, acedendo a um endereço configurado no sistema e utilizando as classes no *package android.net* da API *android*.

O componente *SmartGridService* é um serviço *android* que ao ser lançado continua a executar em segundo plano, efectuando a actualização periódica do ficheiro de informação dos pontos de carregamento.

O serviço utiliza o componente *SmartGridAdapter* que é um componente *android* do tipo *contente provider*. Este componente tem a tarefa de servir de interface com o sistema externo que disponibiliza os dados sobre os pontos de carregamento e de fazer as transformações necessárias aos dados para os fornecer na forma de registos que o serviço *SmartGridService* reconhece.

Os componentes *content provider* são acedidos através de uma interface bem definida, *content resolver*, que especifica os métodos de acesso aos dados e o formato dos mesmos. Estes componentes implementam o padrão *Cursor* à semelhança de uma base de dados, e que permite através do envio de um conjunto de valores de pesquisa o retorno de uma lista de registos e possibilidade de iterar sobre estes registos.

O componente *SmartGridAdapter* processa o ficheiro KML e transforma cada entidade XML *<Placemark>* num registo *ChargingPoint* contendo toda a informação da entidade e ainda as suas coordenadas de posicionamento geográfico.

O ficheiro KML⁸ contém a informação de posicionamento geográfico formatada de acordo com a especificação da OSG e contém informação adicional específica dos pontos de carregamento.

A informação adicional é disponibilizada utilizando o atributo *<extendedData>*. Este atributo permite a definição e inclusão de tipos de dados específicos de uma determinada aplicação.

A troca de informação entre as redes eléctricas de carregamento e os sistemas dos veículos eléctricos deverá incluir uma entidade *<PontoDeCarregamento>* com as seguintes propriedades:

Nome	Descrição	Cardinalidade
operador	Nome do operador que explora o ponto de carregamento	1
tipodecarregamento	Rápido, lento ou drop-off	1
tipologia	Rua, Parque ao ar Livre, Parque Coberto	1
servicos	Lavagem, Segurança, pneus, oficina	n
lugares	Número de lugares	1
preco	Preço dos serviços	n
interface	SAE J1772 ou IEC 62196	n
motos	Sim ou não	1
horario	Abertura e fecho	n

⁸ Consultar anexo A

Quando a actualização periódica detecta um novo ficheiro processa-o convertendo as entidades XML em objectos do tipo *ChargingPoint*.

O serviço *SmartGridService* para além de despoletar a actualização periódica da informação, disponibiliza também a interface de acesso a essa informação. O serviço disponibiliza o método *getChargingPoints(Location, Range)* que recebe a informação de posicionamento actual do veículo e o alcance retornando uma colecção de todos os pontos de carregamento que se encontram dentro do mesmo.

O Serviço disponibiliza ainda um método que permite a chamada ao sistema de gestão de reservas da *smartgrid* de forma a tentar reservar um *slot* no ponto de carregamento que o utilizador escolher. O método tem a seguinte definição:

```
reserverSlot(String chargingPointId, String chargeType Date  
arriveTime, String driverId)
```

O método poderá retornar sucesso, no caso de ter sido possível reservar um *slot* ou insucesso juntamente com uma das seguintes mensagens:

NO_SLOT_AVAILABLE : não existem *slots* disponíveis para reserva.

ACCESS_BLOCKED: o utilizador falhou por 3 vezes reservas efectuadas pelo que está inibido de aceder ao SGR até reactivação.

4.6.2. Gestão de Bateria

O subsistema de gestão de bateria é constituído pelos seguintes componentes:

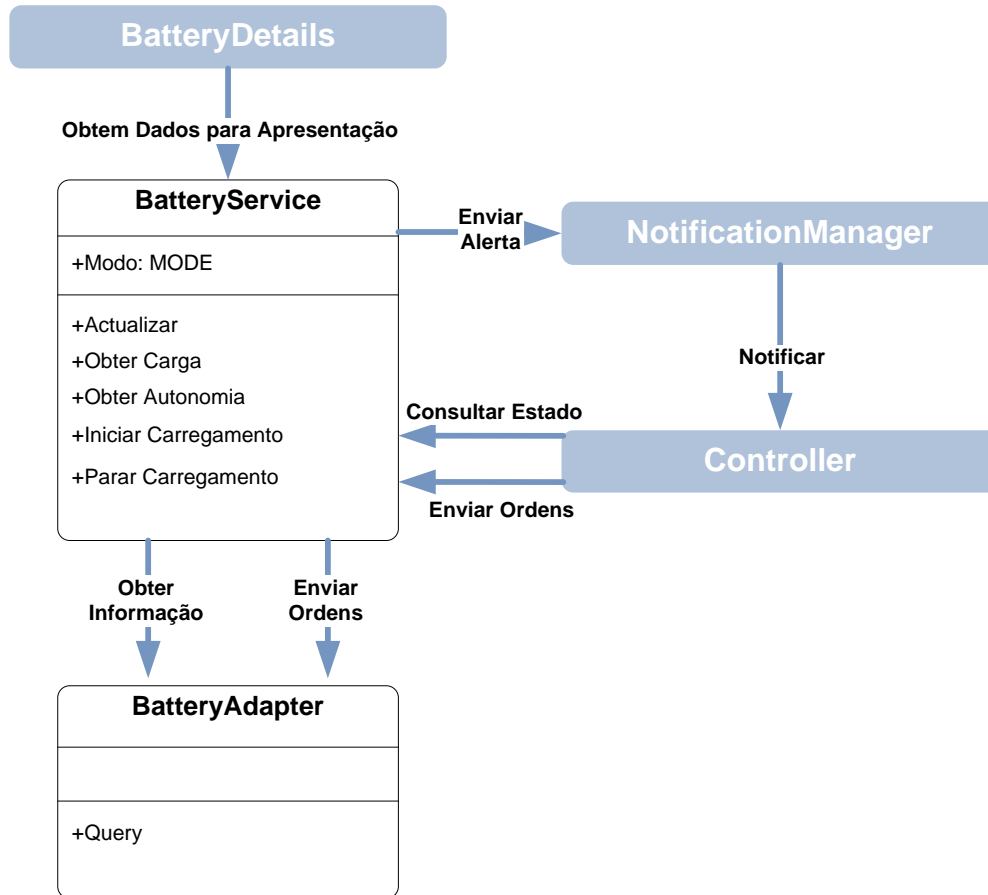


Figura 21 - Classes de Controlo de Bateria

BatteryDetails

A arquitectura *android* permite que as aplicações, ou subsistemas, partilhem recursos, entre os quais os interfaces de utilizador, *activities*. Esta facilidade permite que neste caso defina a *activitie* no âmbito do subsistema de Gestão de Bateria, pois é aí que ela realmente se enquadra, mas que a consiga invocar do sistema principal pelo componente *Controller*. A *activitie BatteryDetails* é um ecrã com informação sobre o estado actual da bateria e o modo de operação, ou seja, se está a carregar ou em funcionamento. Ao colocar esta *activitie* num *package* diferente permito que o ecrã seja customizado para diferentes construtores ou sistemas de gestão de bateria, apresentando dados específicos de cada um.

BatteryService

Serviço *android* responsável pela gestão e monitorização da bateria. Implementa a interface de disponibilização de serviços de **Controlo** e **Informação** como definidos no capítulo 3.3.2.

Tem ainda a função de monitorizar periodicamente o estado da bateria e despoletar mensagens do tipo *IntentBroadcast* quando a autonomia baixa dos 50 Kms. Para aceder à informação disponibilizada pelo sistema da bateria, o serviço utiliza o *content provider* **BatteryAdapter**.

BatteryAdapter

Componente responsável pela integração com o sistema da bateria. Como explicado anteriormente implementa o padrão *adapter* pelo que poderá ser desenvolvido um componente deste tipo para qualquer sistema de bateria de qualquer construtor, desde que devidamente especificado.

Este componente tem igualmente de lidar com várias interfaces físicas de ligação com o sistema de bateria. O SiREV é desenhado para ser implementado tanto em sistemas integrados no veículo como em smartphones. Pelo que o *BatteryAdapter* utiliza a API *android* para tornar totalmente a forma física de ligação ao outro sistema. É possível efectuar a ligação por USB ou Ethernet no caso de um mecanismo integrado no veículo ou por *Bluetooth* ou *Wi-Fi* no caso de o SiREV correr num smartphone, sem ligação física ao veículo.

A plataforma disponibiliza todos os mecanismos necessários para estabelecer a ligação física, necessitando a aplicação apenas de saber o URI com que vai comunicar.

4.6.3. Informação de Transportes Públicos

A informação sobre transportes públicos é disponibilizada ao sistema na forma de um ficheiro XML que contém a informação de posicionamento geográfico dos locais de paragem dos transportes.

O sistema de recomendação antes de processar os itens candidatos envia a colecção de itens para o **PublicTransportService** que identifica em cada item a sua proximidade a

um interface com um transporte público. Em caso afirmativo, a propriedade *nearPublicTransport* do item é colocada com o valor 1.

A ligação a um eventual sistema de informação de transportes públicos será efectuada pelo componente *PublicTransportAdapter*.

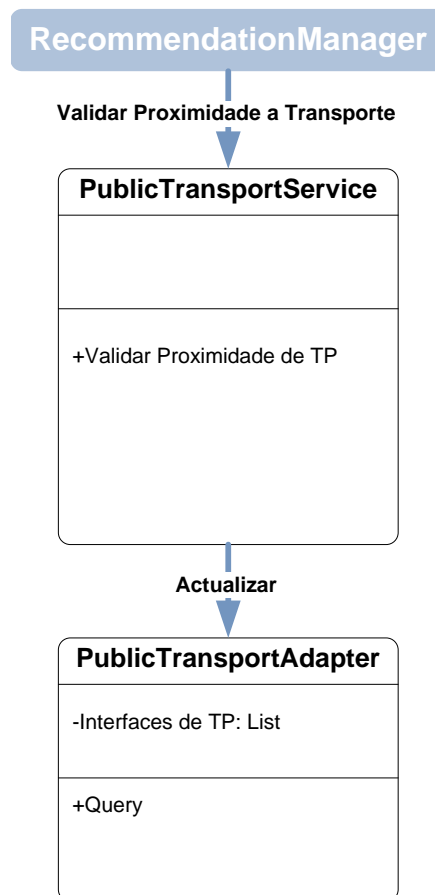


Figure 1 - Classes de Informação de Transportes Públicos

4.6.4. Informação de Mercado de Energia

A informação de mercado de energia será gerida pelo serviço *PriceService* que irá periodicamente contactar o sistema de informação do mercado de energia de forma a actualizar o preço actual. A ligação ao sistema externo é responsabilidade do adaptador *EnergyMarketAdapter* que irá neste sistema apenas retornar um valor numérico correspondente ao preço da energia.

O subsistema de informação de mercado de energia é composto pelos seguintes componentes:

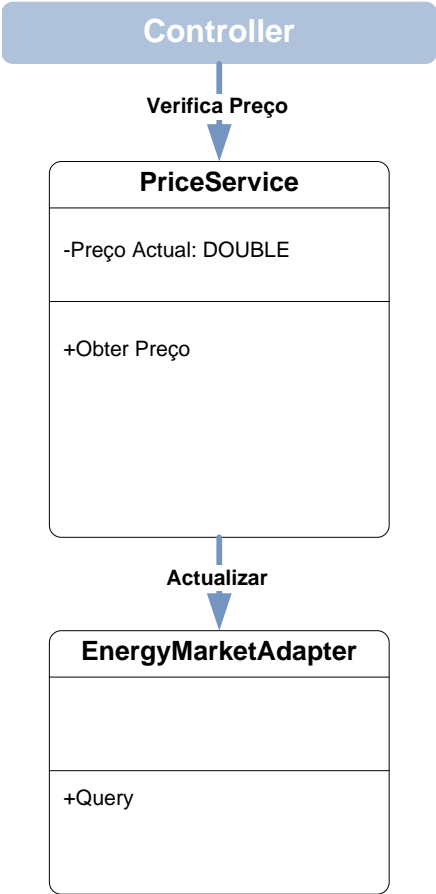
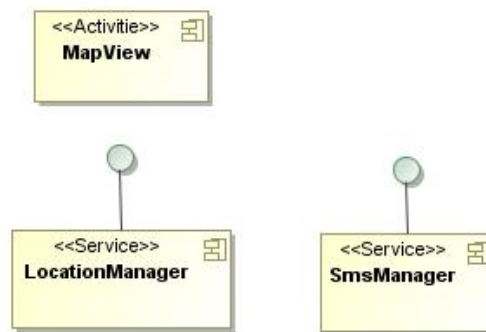


Figura 22 - Classes de Informação de Mercado de Energia

4.6.5. Serviços Android

O SiREV interage com diversos serviços da plataforma *android* no entanto existem três serviços específicos dos quais a plataforma depende. No seguinte diagrama apresento os três componentes e o seu tipo:



Sistema de Posicionamento – LocationManager

O sistema de posicionamento disponibilizado pela plataforma Android oferece um conjunto de serviços que permitem a aplicações acederem à informação de posicionamento do equipamento. É possível registar-se de forma a receber actualizações periódicas de localização ou mesmo registar determinadas localizações e ser notificado quando se entra num determinado raio da mesma.

O sistema disponibiliza um serviço do tipo *LocationManager* que disponibiliza os serviços de posicionamento. Uma vez obtido o objecto é possível obter a localização geográfica actual ou registar um *listener* para receber informação de posicionamento geográfico actualizado periodicamente.

A informação é recebida como um objecto do tipo *Location* que contem a informação sobre longitude, latitude e *timestamp*. O objecto *Location* oferece ainda uma série de serviços, dos quais se destaca a possibilidade de obter o cálculo de distâncias entre a posição que o objecto representa e qualquer outra posição geográfica. A distância é calculada com base no caminho mais curto entre os dois pontos geográficos.

Esta facilidade é utilizada pelo sistema de recomendação para calcular os pontos de carregamento que se encontram dentro do raio de autonomia do veículo.

MapView

É uma *activitie* disponibilizada pela plataforma que permite a visualização de mapas integrando a informação de posicionamento obtido do *LocationManager* e a apresentação de informação disponibilizada em ficheiro do tipo KMZ, os mesmo utilizados no sistema de gestão de informação de pontos de carregamento.

O *MapView* pode ser integrado de forma transparente em qualquer aplicação, tendo um leque de modos de apresentação.



Figura 23- Mapa com Ponto de Carregamento

SMSManager

Componente da plataforma *android* que gere operações relacionadas com Short Message Service (SMS).

O SiREV utiliza este componente para o envio de notificações ao condutor quando está integrado no veículo. São enviadas mensagens de notificação de carregamento completo para o telemóvel do condutor avisando de que a bateria atingiu os 100% de carga e consequentemente poderá levantar o seu carro do ponto de carregamento.

Para enviar SMS o *Controller* obtém uma instancia da *class SmsManager* invocando o seu método estático *getDefault()*. Depois de obtida a instância invoca o método *sendTextMessage()* indicando o número de telemóvel do destinatário e o texto do conteúdo da mensagem.

5. Cenários de Aplicação

Um sistema não será útil se não tiver aplicação prática em situações concretas, mesmo se tratando neste trabalho na proposta de definição de um modelo de sistema de informação, é importante demonstrar cenários reais nos quais o sistema será aplicável e nos quais terá utilidade e será importante para os utilizadores. Os veículos eléctricos criam novos paradigmas de mobilidade, devido à sua limitada autonomia e aos tempos de recarregamentos e vão inevitavelmente ter impacto no dia-a-dia dos condutores que terão de planear os carregamentos e as suas viagens.

Estes problemas terão tendência a diminuir com os avanços tecnológicos que aumentem a autonomia dos veículos e com o desenvolvimento das redes de carregamento aumentando as alternativas e número de locais, bem como a sua dispersão geográfica. Neste momento as viagens entre cidades Portuguesas utilizando um veículo apenas alimentado a electricidade são praticamente impossíveis, uma vez que não existem pontos de carregamento rápido, e mesmo que fosse possível fazer carregamentos lentos ligando directamente à rede eléctrica, isto provocaria paragens com duração de 6 horas, a cada 150 kms, assumindo uma velocidade de cerca de 90 km/hora. Uma viagem de Lisboa ao Porto demoraria no mínimo 10 horas.

De seguida apresento três cenários que considero serem representativos da grande maioria dos tipos de utilização de veículos eléctricos num futuro próximo. Como referi na introdução deste trabalho, o projecto *Mobi-E* prevê a instalação de 1300 pontos de carregamento até 2012. A grande maioria dos construtores de veículos automóveis prevê colocar no mercado durante o primeiro semestre de 2011 veículos totalmente movidos a energia eléctrica, com autonomias de cerca de 150 kms. Os cenários

descritos de seguida irão projectar o que poderá ser a realidade dos condutores de veículos eléctricos no início de 2012 tendo por base os seguintes pressupostos:

Característica	Valor
Autonomia	150 km
Pontos de Carregamento em Portugal	1300
Carregamentos Lentos	6 Horas
Carregamentos Rápidos	30 Minutos
Carregamentos por troca de bateria	10 Minutos

Tabela 3 - Dados para cenários de utilização

5.1. Cenário 1 – Dia-a-dia urbano

Este cenário apresenta a utilização do veículo eléctrico (VE) por um condutor que vive na periferia de uma grande cidade e que se desloca para o emprego no seu veículo. O condutor leva diariamente os filhos à escola, e após o emprego faz uma sessão de ginásio antes de fazer o percurso inverso. O dia típico deste condutor será:

- 07:30 – Sai de casa com o VE totalmente carregado após carregamento nocturno;
- 08:15 – Percorre **30 Kms** até chegar à escola do primeiro filho;
- 08:30 – Percorre **5 kms** até chegar à escola do segundo filho;
- 09:00 – Percorre **10 kms** até ao seu emprego;
- 12:30 – Sai para almoço no seu VE percorrendo um total de **10 Kms**;
- 18:00 – Percorre um total de **10 Kms** até ao ginásio;
- 19:30 – Percorre um total de **10 Kms** até à escola do filho;
- 19:45 – Percorre um total de **5 Kms** até à escola do outro filho;
- 20:30 – Percorre um total de **30 kms** até casa;

O condutor chegará a casa com 25 % da capacidade da bateria do VE.

Este é o cenário óptimo, apontado pelos construtores de VE para justificar a viabilidade dos veículos mesmo no estado actual de autonomia. No entanto este cenário conta com que não existirão gastos extra como sair de casa à noite para jantar ou visitar uns amigos, e principalmente com que todos os donos de VE terão a possibilidade de carregar o veículo em casa durante a noite.

Para a grande maioria da população portuguesa que habita nas áreas metropolitanas, não será possível carregar a bateria do veículo durante a noite, uma vez que a grande maioria habita em prédios sem garagem ou estacionamento próprio. Para estes casos o carregamento terá de ser efectuado durante o dia, ou no meio das deslocações, como acontece com os veículos actuais movidos a combustíveis fósseis.

Assim, mantendo a mesma agenda, mas retirando a carga durante a noite, o condutor irá entrar no veículo com a bateria a 25 %. A seguinte figura apresenta o ecrã principal da aplicação com a indicação de carga e autonomia da bateria recebida do sistema de gestão da bateria através do adaptador.



Figura 24 - Indicação de Carga

O sistema SiREV começa por pedir a identificação do condutor:



Figura 25 - Identificação de utilizador

De seguida pede a identificação do modo e do destino:



Figura 26 - Identificação de modo



Figura 27 - Identificação de Destino

A autonomia do veículo é de 40 Kms, no entanto a viagem terá um total de 45 Kms, pelo que será necessário efectuar um carregamento para conseguir chegar ao destino.

O SiREV apresenta um alerta indicando a necessidade de carregamento e irá apresentar as alternativas apontadas pelo sistema de recomendação. Tratando-se de uma viagem para o emprego, o objectivo será o de chegar o mais depressa possível, por isso o sistema de recomendação apresenta três alternativas de carregamento rápido, no percurso definido e tendo em conta as escolhas anteriores. O primeiro passo para apresentar uma recomendação é seleccionar os itens candidatos, para isso o SiREV recorre à informação recolhida da *smatgrid* para criar uma lista com todos os pontos de carregamento ao alcance do veículo. Neste cenário o veículo encontra-se em Odivelas,

nos arredores de Lisboa, pelo que o número de pontos de carregamento é elevado. É criada uma lista com 30 possíveis locais de carregamento. De seguida a lista é enviada para o componente que gere a informação de transportes públicos para validar da proximidade a interfaces com diversos meios de transportes público. O componente valida cada um dos itens candidatos e devolve a lista actualizada.

O próximo passo será processar a recomendação. À entrada do sistema de recomendação estão os seguintes dados:

- Lista com 30 itens candidatos distribuídos da seguinte forma:
 - 15 Pontos de carregamento lento:
 - 5 da EDP
 - 5 da Better Place
 - 5 da Mobi.e
 - 10 Pontos de carregamento rápido:
 - 4 da EDP
 - 3 da Better Place
 - 3 da Mobi.e
 - 5 Pontos de Drop-off
 - 1 da EDP
 - 3 da Better Place
 - 1 da Mobi.e

O condutor Pedro, nunca escolhe locais do tipo *DropOff*, e também não é para si importante locais perto de transportes públicos. O condutor tem uma clara preferência por locais de carregamento da EDP, seguido da Better Place, e nunca carregou no seu carro num ponto da Mobi.e. O algoritmo de recomendação ao ser executado devolve os três itens com mais utilidade após comparação com o historial de escolhas do condutor.

O seguinte ecrã é apresentado ao condutor:



Figura 28 - Apresentação de recomendações I

O condutor escolhe a primeira recomendação e o SiREV envia os dados da localização do ponto de carregamento para o sistema de navegação. Chegado ao ponto de carregamento é iniciado o processo e o SiREV apresenta o progresso e uma indicação de que o veículo se apresenta em estado de carregamento.

O condutor não tem mais de 10 minutos a perder, pelo que deixa as baterias carregadas a 50 %, suficiente para o resto do percurso até ao emprego.

Após deixar os dois filhos o SiREV continua a assinalar com uma notificação na área de notificações que a autonomia do veículo está abaixo do limite. Ao chegar perto do destino o condutor selecciona a notificação, e o sistema de recomendação apresenta três novas opções para carregamento, desta vez o sistema sabe que o veículo está no seu destino, pois está a menos de 5 km do local apresentado como destino, pelo que apresenta opções de carregamento longo em três parques de estacionamento a uma curta distância. As baterias ficarão a carregar enquanto o condutor está no seu emprego.



Figura 29 - Recomendação quando no destino

Após 4 horas, o condutor recebe uma notificação por SMS, no seu telefone, indicando que as baterias carregaram na totalidade, estando a 100%. O condutor fica descansado pois sabe que poderá manter a sua rotina no resto do dia, os 150kms de autonomia chegarão até ao próximo dia de trabalho.

5.2. Cenário 2 – Grande distância entre casa e emprego

Este cenário apresenta a situação de um condutor que habita a uma distância considerável do seu emprego. O condutor mora numa cidade afastada mas trabalha no centro de Lisboa. A viagem de casa ao emprego são 100 Kms.

O condutor vive num prédio com garagem própria, mas sem ponto de carregamento para veículos eléctricos.

A agenda diária típica deste condutor é:

- 08:00 – Sai de casa;
- 09:30 – Percorre um total de **100 Kms** até ao seu local de trabalho;
- 13:00 – Sai para almoço, percorrendo um total de **5 Kms**;
- 19:30 – Regressa a casa percorrendo um total de **100 Kms**;

Diariamente este condutor percorre 205 Kms.

Utilizando o sistema SiREV, e partindo do princípio que tal como no caso anterior o VE de manhã tem 25% da sua autonomia. Ao entrar no VE e após seleccionar o perfil e identificar o destino o condutor é alertado para o facto de que terá de carregar o seu VE num raio de 30 Kms. O sistema apresenta imediatamente as recomendações tendo em consideração que o condutor se dirige para o emprego:



Figura 30 - Apresentação de recomendações II

As três opções apresentadas são de carregamento rápido e têm em comum o facto de serem áreas de serviço, que têm serviço de cafetaria. Sempre que o condutor tem de carregar o carro de manhã, opta por uma estação de serviço com serviço de cafetaria, pois aproveita para toma o pequeno-almoço enquanto o carro carrega.

Enquanto toma o pequeno-almoço, o condutor é alertado para o facto de a bateria já estar carregada. Volta para o veículo e segue o seu percurso até ao emprego.

Ao chegar à entrada de Lisboa a bateria já está novamente com apenas 30% da autonomia, pelo que o condutor é alertado para esse facto.

Estando ainda longe do seu destino, ao condutor são apresentadas opções de carregamento rápido, e uma opção de carregamento lento mas que se encontra perto de um interface de transporte público, que permitirá ao condutor depositar o carro num parque coberto com serviço de carregamento, e continuar o seu percurso por transporte público⁹.

⁹ Como evolução do sistema SiREV, seria possível incorporar informação de trânsito actualizada, e utilizar também esta informação para recomendar ao condutor a utilização de transportes públicos quando

O condutor opta por depositar o carro no parque coberto e utilizar o transporte público para o emprego.

Ao fim de 6 horas o condutor recebe a notificação de bateria carregada na totalidade, e sabe que poderá regressar a casa pois será suficiente para percorrer os 100 kms de volta.

5.3. Cenário 3 – Passeio de carro

Neste cenário o mesmo condutor do cenário dois sai num sábado de manhã para um passeio com a família na zona do litoral Oeste.

Ao entrar no veículo o condutor identifica-se e indica que se vai deslocar em passeio, sem destino pré-estabelecido.

Após uma hora de viagem o sistema notifica o condutor de que a autonomia do veículo atingiu o limite mínimo configurado de 30 Kms, e apresenta um alerta.

Nesta situação o sistema de recomendação terá em conta o seguinte contexto:

- Modo de funcionamento: passeio;
- Altura do dia: manhã;
- Destino: sem destino;

O sistema apresenta as seguintes três recomendações:



Figura 31 - Apresentação de recomendações III

por exemplo na entrada da cidade o trânsito estivesse muito intenso e mesmo que a carga da bateria permitisse chegar ao seu destino.

Todas as recomendações são de pontos de carregamento lento e têm em comum o facto de estarem perto de centros de interesse turístico, com locais para visitar.

O condutor opta pelo ponto localizado na Batalha. O carregamento completo levará cerca de 6 horas, pelo que o condutor e a família poderão visitar o mosteiro, almoçar num dos diversos restaurantes. Apenas 4 horas depois o condutor decide regressar a casa. A autonomia do veículo está a 70%, e não permitirá chegar ao destino.

Após percorrer 50 Kms o condutor é de novo notificado de que tem de proceder ao carregamento do veículo. Nesta situação o sistema de recomendação terá em consideração o seguinte contexto:

- Modo de funcionamento: Passeio;
- Altura do dia: Tarde;
- Destino: Casa;

Ao indicar que o destino é casa, o sistema de recomendação apresenta pontos de carregamento rápido, ao longo do percurso, pois neste contexto o condutor escolhe sempre este tipo de locais, uma vez que quer chegar a casa o mais depressa possível:



Figura 32 - Apresentação de recomendações IV

6. Conclusão e Trabalho Futuro

6.1. Conclusão

O principal objectivo deste trabalho é ajudar os condutores na utilização diária do veículo eléctrico, agindo de forma pró-activa e conseqüentemente ajudar no desenvolvimento e generalização da sua utilização. No entanto é uma tecnologia ainda em desenvolvimento e também o são todos os sistemas de informação necessários para a sua total integração.

Neste trabalho propus a integração de informação proveniente de várias áreas que terão sem dúvida de participar na implementação, com sucesso, de um modelo de mobilidade para condutores de veículos eléctricos. No entanto foi extremamente complicado encontrar tecnologias e projectos com a maturidade suficiente para um ambiente real de utilização. Existem, e referi alguns, projectos de protótipos dos vários intervenientes sendo na sua maioria projectos de universidades ou governamentais. Existem também alguns projectos de empresas de peso no mercado, mas que estão em fase de prototipagem e de estudo de mercado.

Esta dificuldade para encontrar especificações e padrões de utilização globalmente aceites para troca de informação, nomeadamente com os sistemas de *smart grid*, sistema de transportes públicos, sistemas de controlo das baterias e com o mercado da energia eléctrica, leva a que embora funcionalmente seja fácil explicar a necessidade e requisitos desses sistemas, do ponto de vista técnico tenha optado por apresentar modos de comunicação assíncrona baseados em especificações abertas e bem conhecidas, caso do XML. Foi também necessário garantir que o modelo de integração é suficientemente

genérico e flexível para ser adaptado a diferentes sistemas, tendo um baixo impacto na implementação do SiREV.

Por outro lado foi fácil verificar que as tecnologias necessárias para o desenvolvimento de um sistema móvel, com capacidade para receber informação de posicionamento geográfico e ligação a dispositivos externos ou à *internet*, estão num nível de desenvolvimento muito avançado. O sistema *Android* permite um desenvolvimento muito simples e eficiente de aplicações e com a vantagem de ser totalmente livre de custos, tanto no que diz respeito ao licenciamento da própria API como das ferramentas de desenvolvimento, todas baseadas em *software* livre. A facilidade de desenvolvimento, integração com GPS, USB, Bluetooth, envio de SMS, e de execução de testes torna o trabalho de implementação muito eficiente.

Outra área em que existe muita informação e se encontra num estado de maturação completamente diferente da dos sistemas de veículos eléctricos, são os sistemas de recomendação. Foi fácil encontrar informação sobre sistemas de recomendação e as diversas áreas de utilização, existindo uma série de modelos de implementação e casos de sucesso. A sua utilização no sistema SiREV demonstrou apenas parte de toda a sua potencialidade de utilização neste contexto e fará parte do trabalho futuro o aprofundar do estudo de um modelo de recomendação mais complexo e otimizado para o cenário em causa.

A proposta para um modelo de sistema de informação para um condutor de veículos eléctrico apresentado neste trabalho aproxima-se dos modelos que estão neste momento a ser pensados pelos principais impulsionadores desta área, como é o caso do projecto *BetterPlace*[4] de onde inclusivamente é retirada a figura de capa deste relatório, e da construtora Nissan [22] e [24] que apresenta as necessidades de utilização diária de um veículo eléctrico. Demonstrando desta forma a validade e aplicabilidade deste projecto num ambiente real de utilização e a sua mais-valia na tentativa de identificar requisitos funcionais e apontar possíveis formas para a sua implementação.

6.2. Trabalho Futuro

Após o trabalho elaborado fica a certeza de existir uma grande potencialidade de desenvolvimento, dado o potencial de crescimento da área em causa. Os pontos de integração com sistemas externos identificados são cada um deles potenciais objectos de estudo.

Existe também uma grande margem de optimização para as recomendações dadas e será possível a utilização de motores de aprendizagem automática ou de inteligência artificial. Não foi objectivo principal deste trabalho a optimização das recomendações produzidas mas sim identificar qual a informação que deverá contribuir para as processar e a forma como obter, compilar e registar essa informação. No entanto será de todo o interesse um possível projecto que se foque na integração de motores de aprendizagem automática já existentes. Dois exemplos de motores de código aberto e desenvolvidos em *Java*, que poderiam ser adaptados ou parametrizados para serem utilizados com o SiREV seriam o projecto *Apache Mahout*¹⁰ e o projecto *Weka*¹¹ na implementação de um modelo de recomendação.

O projecto *Apache Mahout* está a ser desenvolvido no âmbito do projecto mais amplo da *Apache*, o motor de pesquisa *Lucene*¹² e é um conjunto de bibliotecas *Java* que implementam um conjunto de algoritmos de aprendizagem automática optimizados e orientados para produzir recomendações com base em informação sobre o comportamento dos utilizadores de sistemas de informação. O projecto ainda está na versão 0.3 e é ainda muito embrionário, estando inclusivamente à procura de estudantes que possam integrar a equipa de investigação e desenvolvimento.

O Projecto *Weka* é um projecto já mais maduro, existindo inclusivamente muita documentação e literatura. O *Weka* é um conjunto de bibliotecas, e também uma aplicação com interface de utilizador, que implementam um número muito abrangente de algoritmos de aprendizagem que podem facilmente ser utilizados com qualquer conjunto de dados que esteja devidamente estruturado. Contém ainda um conjunto de ferramentas para transformação de dados.

Ambos os projectos são baseados em *Java* pelo que facilmente poderiam ser integrados no SiREV.

¹⁰ <http://lucene.apache.org/mahout>

¹¹ <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>

¹² <http://lucene.apache.org/>

Outro projecto possível de integração com o SiREV será o desenvolvimento de uma plataforma *online* que permita ao utilizador aceder e gerir o seu perfil de qualquer dispositivo com acesso à internet, partilhando as suas escolhas e preferências com outros utilizadores com perfis semelhantes. Esta partilha, que poderá ser uma rede social, permitirá ao sistema de recomendação ter uma maior base de dados para as tomadas de decisão em relação às sugestões dadas, e combinar o actual sistema baseado no conteúdo para um sistema híbrido adicionando informação colaborativa.

7. Referências Bibliográficas

- [1] *Electric Vehicle Adoption In New York*, Mayor's Office of Long-Term Planning and Sustainability Exploring, 2010
- [2] Daniel R. Fesenmaier, Karl W. Wöber, H. Werthner - *Destination recommendation systems: behavioral foundations and applications*, CABI Publishing, 2006
- [3] MOBI.E Mobilidade Electrica, <http://www.mobi-e.pt>, acessido em 2010-03-06
- [4] better place, the global provider of electric vehicle networks and services <http://www.betterplace.com/> , acessido em 2010-03-06
- [5] Daniel Roth - *Driven: Shai Agassi's Audacious Plan to Put Electric Cars on the Road*, Wired Magazine, 2008
- [6] Paulo José Eusébio de Sousa, *Visualização de Percursos em Dispositivos Móveis*, ISEL-DEETC, 2009
- [7] Java Mobile, <http://java.sun.com/javame/index.jsp>, acessido em 2010-04-24
- [8] J2ME and Location-Based Services, <http://developers.sun.com/mobility/apis/articles/location/> acessido em 2010-04-24
- [9] LBSzone.com, Location and Location-Aware Social Networking, <http://www.lbszone.com/> acessido em 2010-05-22
- [10] Eliseo Berni Reategui e Sílvio César Cazella, *Sistemas de Recomendação*, SBC, XXV Congresso da Sociedade Brasileira de Computação, 2005
- [11] Gediminas Adomavicius, *Toward the Next Generation of Recommender Systems: A Survey of the State-of-the-Art and Possible Extensions*, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, VOL. 17, NO. 6, JUNE 2005
- [12] Wolfgang Woerndl, Christian Schueller e Rolf Wojtech, *A Hybrid Recommender System for Context-aware Recommendations of Mobile Applications*, IEEE, 2007

- [13] Android Dev Guide, <http://developer.android.com/guide/index.html> acessido em 2010-06-10
- [14] Katerina Kabassi, *Personalizing recommendations for tourists*, Telematics and Informatics issue n.º 27,2010
- [15] William B. Frakes e Ricardo Baeza-Yates, *Information Retrieval, Data Structures and Algorithms*, Prentice-Hall, 1992
- [16] Debajyoti Mukhopadhyay, Ruma Dutta, Anirban Kundu, and Rana Dattagupta, *A Product Recommendation System using Vector Space Model and Association Rule*, IEEEExplore 2008
- [17] Paulo Trigo Silva, *Recuperação de Informação – modelo vectorial*, Complementos de Sistemas de Informação, DEECT, 2008
- [18] Gediminas Adomavicius e Alexander Tuzhilin, *Multidimensional Recommender Systems: A Data Warehousing Approach*, Springer Berlin / Heidelberg, 2001
- [19] GangOfFour, *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software*, AddisonWesley, 1994
- [20] Ford discusses their Electric Vehicle and smart grid integration plans, <http://greenmonk.net/ford-discusses-their-electric-vehicle-and-smart-grid-integration-plans/> acessido em 2010-06-24
- [21] *OGC 07-147r2 OGC KML Version 2.2 Specification*, Open Geospatial Consortium Inc, 2008
- [22] Nissan Readies Its Electric Vehicle Platform, *Nissan News*, http://www.nissan-global.com/EN/NEWS/2009/_STORY/090727-01-e.html, acessido em 2010-06-24
- [23] C.C.Chan, *The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles*, Proceedings of the IEEE, Vol.95, N.º.4, Abril 2007
- [24] Goldberg, D., *Using collaborative filtering to weave an information Tapestry*. Communications of the ACM, New York, v.35, n.12, p. 61-70, Dec. 1992
- [25] Resnick, P. e Varian, H. R.. *Recommender Systems*. Communications of the ACM, New York, v.40, n.3, pp. 55-58, Mar. 1997
- [26] João C. Ferreira e João Luiz Afonso, *Smart Electric Vehicle Charging System*, *IEEE Intelligent Systems magazine*, Special Issue on “AI in Power Systems and Energy Markets”, Mar./Abr. 2011

Anexo A

Formato KML e troca de informação de pontos de carregamento.

O formato KML é uma especificação aberta, inicialmente desenvolvida pela Google mas actualmente mantida pela *Open Geospatial Consortium* (OSG). Actualmente na versão 2.2, o KML é uma linguagem XML focada na visualização geográfica e anotação de mapas.

De acordo com a especificação da versão 2.2 [21], o KML permite:

- Anotar a terra;
- Especificar ícones e legendas para identificar locais na superfície do planeta;
- Definir ângulos de câmara para visualizar locais ou atributos;
- Definir camadas para sobrepor ao mapa ou ecrã;
- Definir estilos para apresentação dos atributos KML;
- Escrever descrições dos locais em formato HTML com a possibilidade de incluir ligações externas ou imagens;
- Organização hierárquica;
- Referenciar ficheiros KML armazenados local ou remotamente;
- Definir a localização e orientação de objectos em três dimensões;

A estrutura do formato KML é definida da seguinte forma:

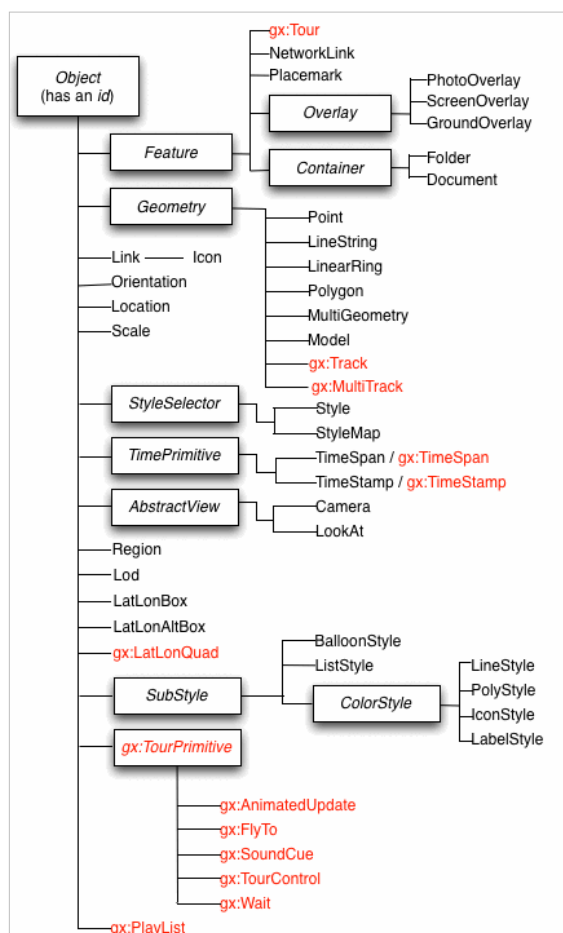


Figura 33 - Estrutura de ficheiro KML¹³

Na figura *Figura 33 - Estrutura de ficheiro KML*, os elementos prefixados com “gx” são extensões do Google ao formato KML.

Os ficheiros KML são distribuídos compactados em ficheiros formato KMZ que contêm um ou mais KMLs. Estes ficheiros são utilizados para troca e representação de informação em sistemas de informação geográfica, como é o caso do *Google maps*¹⁴, ou o *bing maps*¹⁵.

Uma utilização possível, e que é a utilizada neste trabalho, é na troca de informação de posicionamento geográfico de pontos de carregamento de veículos eléctricos, contendo adicionalmente informação sobre algumas suas características específicas.

¹³ Figura retirada da especificação da *Open Geospatial Consortium (OSG)*

¹⁴ <http://maps.google.pt/>

¹⁵ <http://www.bing.com/maps/>

A seguinte figura apresenta um caso real de informação sobre rede de carregamento disponibilizado pela LEMnet em associação com o *Google maps*, sobre pontos de carregamento na área de Lisboa

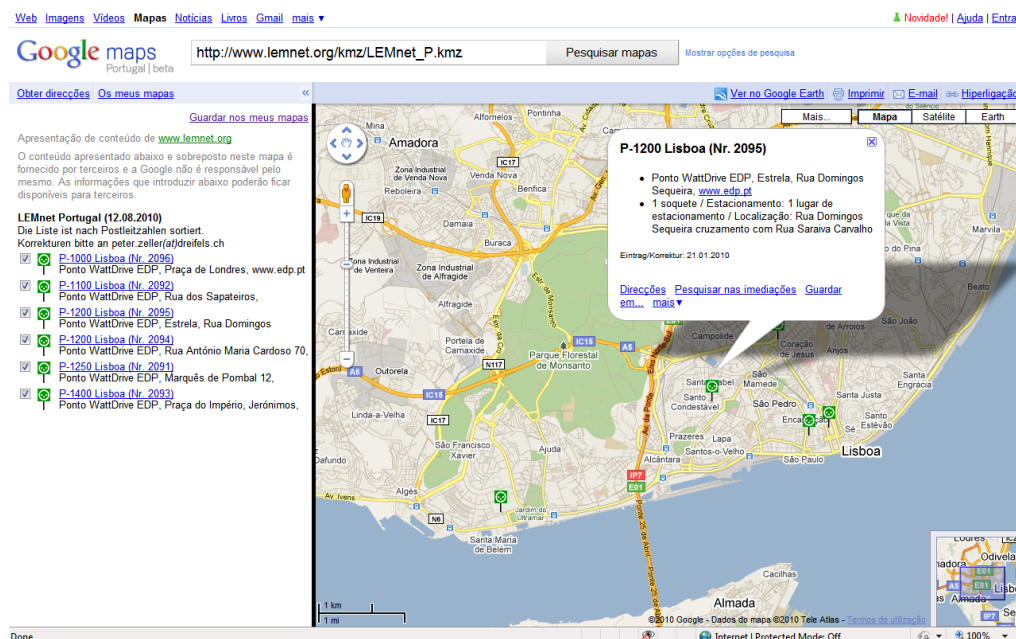


Figura 34 - Pontos de Carregamento na área de Lisboa

O nível de detalhe de informação fornecida varia de país para país e mesmo das diferentes bases de dados. Por exemplo, na seguinte figura podemos ver um nível de detalhe bem maior, para pontos de carregamento em Barcelona, fornecido pela associação Volt Tour¹⁶.

¹⁶ <http://www.volttour.net>

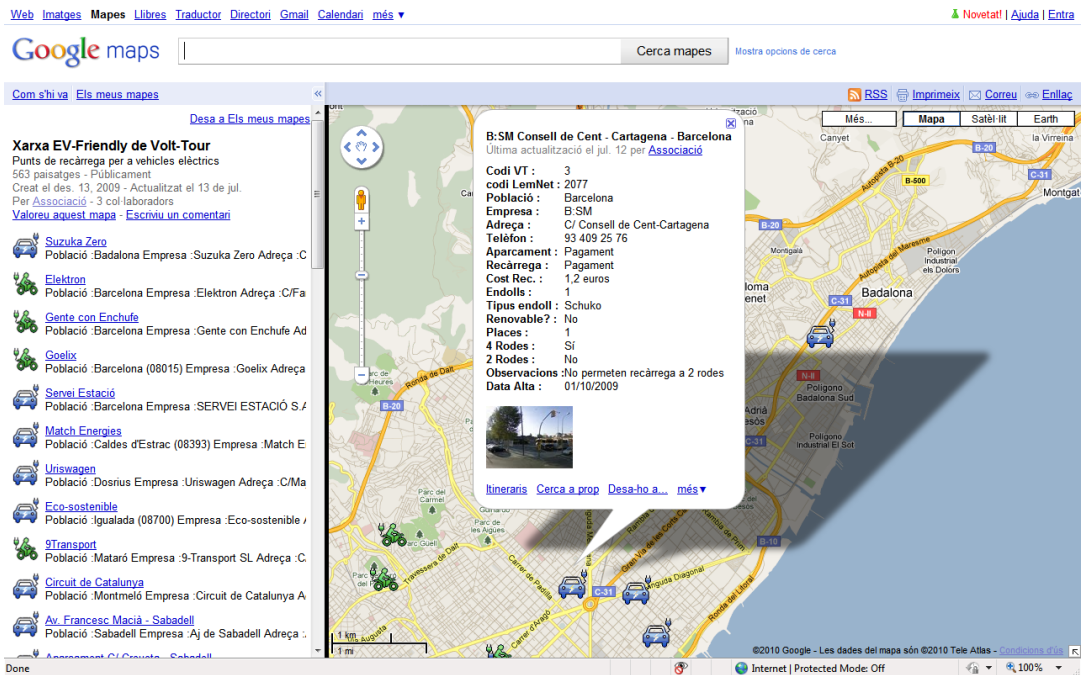


Figura 35 - Pontos de Carregamento na área de Barcelona

O nível de informação sobre os pontos de carregamento é relativamente detalhado, sendo no entanto totalmente estático, ou seja, é atualizado manualmente, não refletindo por exemplo o estado actual de ocupação ou disponibilidade do ponto.

Adicionalmente, os dados específicos sobre pontos de carregamento apresentados não são transmitidos de uma forma estruturada que seja indicada para processamento por sistemas de informação, sendo apenas utilizados para apresentação gráfica num visualizador de mapas.

