

# Broker Colaborativo na Cloud para Gestão de Fontes Distribuídas de Energia

## Cloud Collaborative Broker for Distributed Energy Resources

João Ferreira, Rui Santos

Centro Algoritm - Universidade Minho, ADDETC - ISEL  
Lisboa, Portugal  
{jferreira, rsantos}@deetc.isel.ipl.pt

Vitor Monteiro, João Afonso

Centro Algoritm - Universidade Minho  
Guimarães, Portugal  
{vmonteiro, jla}@dei.uminho.pt

**Abstract**—Neste trabalho é apresentado um sistema de informação (SI) que pretende ajudar à colaboração de VE de modo a entrarem no mercado de energia elétrica, conseguindo que o dono do VE seja compensado, minimizando o investimento inicial na compra do VE e ajude a criar um modelo de armazenamento de energia mais amigável ao ambiente. A este SI chamou-se de Broker Colaborativo ou simplesmente Broker deverá permitir ao dono do VE criar um perfil com a sua informação pessoal, com a informação do VE que possui e informação relativa à colaboração que pretende efetuar, ou seja, horários, locais e percentagem da bateria que pretende usar na colaboração. Sendo necessário agrupar e filtrar um número significativo de VE, para entrada no mercado de energia, existe por parte do Broker a implementação dessas responsabilidades. Sendo que a otimização do consumo de energia é um fator importante neste trabalho, a implementação do Broker foi efetuado sobre o paradigma de *Cloud Computing* onde os recursos energéticos são partilhados e possuiu uma grande capacidade de escalamento onde se poderá criar os recursos à medida da necessidade.

**Abstract**—In this work it is proposed the design of a system to handle Distributed Energy Resources (DER), which is a new reality due to Electric Vehicles (EVs), Microgeneration (MG) and the open Electrical Markets (EM). This upcoming reality brings the need of the ‘old’ central energy control to be installed locally. For that we propose a local energy broker, responsible to handle local energy flow and to exchange energy with ‘big’ market players, and based on a collaborative approach, to promote user’s participation to increase systems knowledge. The energy broker uses cloud computing paradigm to create a collaborative communication between the involved parts.

**Keywords** – *Cloud Computing, Colaborative Broker, Distributed Energy Resources, Energy Market*

### I. INTRODUÇÃO

O sector de energia elétrica tem-se tornado um foco de interesse político em todo o mundo, no contexto de preocupações crescentes com as emissões de CO<sub>2</sub>, segurança das centrais nucleares e o constante crescimento da procura de energia.

A Figura 1 mostra o resultado de um estudo [1] efetuado em 2010, este estudo mostra que o sector dos transportes é responsável por um quarto das emissões de CO<sub>2</sub> na União Europeia (EU), tornando-o o segundo maior emissor de gases de efeito de estufa. O transporte rodoviário contribuiu com cerca de um quinto das emissões totais de CO<sub>2</sub> na EU e desde 1990 aumentaram 36%. Apesar dos carros modernos possuírem sistemas mais eficientes, no que trata ao consumo de combustível, ainda não são suficientes para diminuir os 12% de toda a emissão de CO<sub>2</sub> na EU.

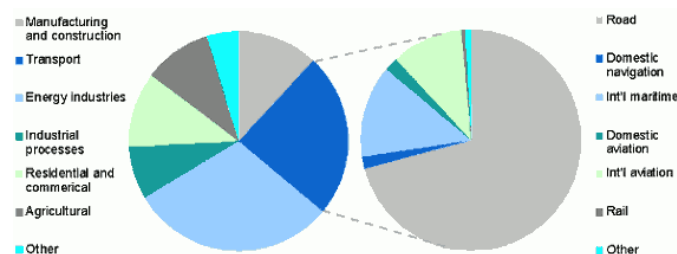


Figure 1. Efeito de estufa na UE27 por sector e por modo de transporte em 2007 [2]

Para combater os 27% de consumo de energia, por parte dos transportes rodoviários na EU, existem alguns projetos em curso, como é o caso de: (1) Climate Change and Energy [3]; (2) European Green Cars Initiative [4]; e (3) .EU Transport White Paper [5].

O primeiro projeto tem o objetivo de reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> na EU em 20%, aumentar a eficiência da energia em 20%, ambos relativos a 1990 e aumentar em 20% a fonte de energias renováveis até 2020. O segundo projeto dá ênfase na R&D (Research and Development) de tecnologias e infraestruturas essenciais para promover o uso de energias renováveis e focando-se na eletrificação dos transportes rodoviários. O terceiro projeto recomenda uma redução ambiciosa de 60% na emissão de CO<sub>2</sub>, por parte dos transportes até 2050.

Juntamente com postos de carregamentos de VE, o investimento em transportes elétricos começa a tornar-se mais evidente, abrindo portas para novas oportunidades. Existem

várias oportunidades de negócios e desafios associados aos VE. Tratando-se de um mercado, relativamente recente, a pesquisa sobre materiais de baixo consumo energético, o desenvolvimento de baterias com maior capacidade ou até mesmo novas formas de carregamento das baterias, são apenas alguns exemplos de oportunidades de negócio no âmbito do R&D, criando espaço para novas patentes.

As estimativas de vendas dos VE são bastante animadoras para este tipo de mercado. Apenas no Canadá estima-se que a venda de VE em 2015 esteja na ordem das 80 mil unidades. Na Figura 2 verifica-se uma adesão a este tipo de veículos bastante acentuada e possível de ser explorada.

Cumulative Sales of PHEV/BEVs, Canada: 2010-2015

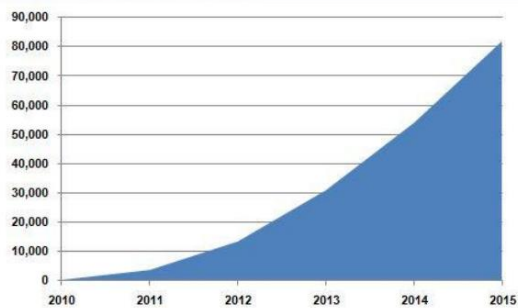


Figure 2. Vendas acumuladas de VE, Canada:2010-2015 [6]

Existem alguns aspetos importantes e críticos na entrada dos VE na rede elétrica existente. A constante procura e dependência da energia elétrica, ainda mais evidente com a utilização de VE, pode causar uma saturação na rede elétrica atual. As zonas residenciais são especialmente críticas, com o carregamento em simultâneo dos VE é necessário encontrar novas formas de equilibrar a oferta e procura de energia.

Tornando o cliente final como possível fornecedor de energia é uma das medidas apontadas para mitigar a escassez de eletricidade, nos grandes centros urbanos e em picos de utilização. Apesar do investimento num VE ser dispendioso, começam a surgir formas de o rentabilizar, utilizando a carga das baterias dos VE nos picos de maior necessidade por parte da rede elétrica. Sendo necessário uma quantidade significativa de VE, para participar no mercado liberalizado de energia elétrica, é necessário existir um modelo de negócio e um sistema de informação de colaboração dos VE ligados à rede elétrica.

#### A. Motivação

Os VE são elementos armazenadores de energia, os quais podem receber energia através do processo *Grid to Vehicle* (G2V) [7] ou fornecer energia através do processo *Vehicle to Grid* (V2G) [7]. No entanto o maior potencial de participação dos VE no mercado de energia é o processo de ter disponível um nível de carga capaz de lidar com as variações dinâmicas do consumo de energia (*Spinning Reserve*) [7]. Se conseguirmos agregar diversos VE, por exemplo o Nissan Leaf tem bateria de 24kwh, 100 VE agregados daria um potencial de 2.4MWh. No mercado de energia cerca de 10% do valor pago é para suportar as variações dinâmicas de consumo (*Spinning Reserve*) e com valores acima de 1MW-dia é possível participar no mercado [8]. Um gerador de 1MW mantido

"Spinning" e pronto, durante um período de 24 horas seria vendido como 1MW-dia, mesmo que nenhuma energia fosse realmente produzida. Os VE como passam em média 23 horas ligados, constituem um potencial enorme para estes mercados se se conseguir garantir um mínimo de potência disponível nas 24 horas [9].

Devido à necessidade de centralizar recursos – terá que existir controlo dos VEs ligados e percentagem de carga nas baterias suficiente para manter o sistema rentável – a utilização de tecnologia de suporte a uma colaboração entre os cidadãos tornará o processo de gestão dos recursos energéticos controlada e eficiente. Sendo necessário, aos donos dos VE, utilizarem o seu veículo em deslocações, a gestão de uma percentagem de VE ligados à rede elétrica terá que ser gerida de forma centralizada. Para que exista sempre um número mínimo de VE ligados à rede elétrica, de modo a que o Broker sustente a participação no mercado de energia, será necessário existir uma colaboração entre os vários donos dos VE.

A necessidade de estudar novas metodologias de negócio, usando a eletricidade armazenada em baterias dos VE, exige um estudo rigoroso do fornecimento da energia elétrica atual e como o conceito de redes sociais poderiam ser usadas para agregar as pessoas num modelo colaborativo de fornecimento de energia. Esse modelo passaria por utilizar as baterias elétrica, de um número significativo de VE, de modo a substituir recursos elétricos, como por exemplo geradores a combustíveis fósseis ou baterias com grandes quantidades de químicos, utilizados pelos operadores da rede elétrica. Essa colaboração seria remunerada em forma de créditos aos colaboradores, criando uma forma de amortizar o investimento feito num VE.

A escolha e desenvolvimento do projeto usando a plataforma da *Cloud* trata-se de um desafio bastante motivante, visto ser uma tecnologia que começa a ser bastante divulgada, está a ser adotada por grandes empresas como a Microsoft, Google, Amazon, entre outras. A implementação da solução utilizando a *Cloud* além de ser uma solução considerada amiga do ambiente, tendo recursos partilhados o consumo de energia é bastante otimizado, também trará uma melhor experiência de utilização para o cliente final, conseguindo assim uma maior adesão à colaboração.

## II. BROKER COLABORATIVO, CONCEITO

O Broker Colaborativo é uma plataforma de agregação de VE que permita a participação no mercado de energia a qual deve ter em conta os hábitos dos condutores, a sua localização geográfica e a rede de distribuição de energia associada. A gestão do comportamento humano (muitas vezes imprevisível) é um desafio que é abordado segundo o paradigma das redes sociais ao qual está associado um mecanismo de créditos de forma a premiar o comportamento colaborativo tendo em conta o objetivo estabelecido. Este mecanismo de créditos serve de igual forma para dividir os lucros de participação no mercado de energia pelos membros da comunidade.

De igual forma pretende-se gerir a produção e o consumo dos RED (Recursos de Energia Distribuídos), visto que deixará de existir o controlo central de um fornecedor, irá ser

contabilizado as diferentes transações e ajuste ao preço face à lei de mercado da oferta e procura por parte de um Broker.

Todos os VE poderão ser registados num Sistema de Informação (SI), gerido pelo Broker, de modo a fornecer os dados base do VE, horário de disponibilização no contexto de V2G, percentagem de bateria possível de fornecer e outras informações relevantes. A integração com outros modelos de microgeração permite que o Broker saiba quando é que a energia é mais barata, conseguindo dessa forma mudar o VE para o modo G2V e carregar a bateria em períodos de custo mais baixo. A Figura 3 apresenta o modelo de interação entre os vários sistemas que constituem o Broker colaborativo proposto no presente trabalho.

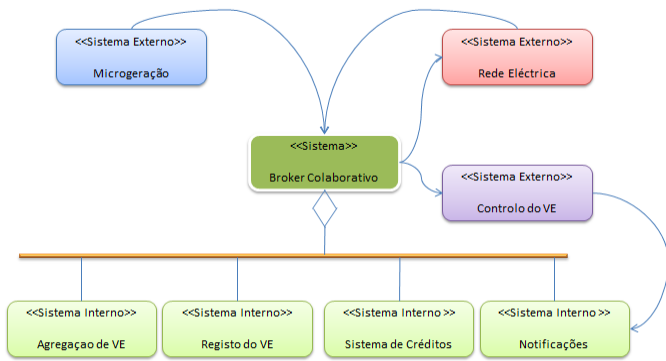


Figure 3. Arquitetura do modelo do Broker colaborativo proposto

Com o registo do cliente o Broker terá condições para criar um perfil do mesmo, utilizando a informação relevante, sob o ponto de vista de fornecedor de energia elétrica, dos dados introduzidos. Este perfil é utilizado na funcionalidade de agrupamento de clientes. Com este mecanismo o Broker consegue relacionar localizações e tipos de VE com o seu horário de disponibilidade.

Usando os dados dos clientes, com hábitos semelhantes, é possível criar um grupo de clientes, que associando a informação dos perfis, o Broker poderá ter uma perspectiva de agregação de baterias, permitindo-lhe calcular a energia disponível em determinada localização. Esta informação será bastante relevante para as operadoras de rede elétrica, sendo que será possível, por parte do Broker, fornecer informação em tempo real dos recursos disponíveis e efetuar uma previsão futura dos recursos. Juntamente com estas informações o Broker também tem acesso a dados de microgeração de energia elétrica, podendo estimar as perspectivas de custo da energia num curto espaço de tempo.

Será estudado e criado um modelo de atribuição de créditos por parte do Broker aos donos dos VE registados no SI de forma a distribuir os lucros da participação no ME (Mercado de Energia). De modo a tornar a atribuição dos créditos mais justa, num sistema colaborativo de recursos, irá ser implementado um sistema de controlo de créditos e penalizações. Através do histórico do cliente o Broker poderá penalizar um cliente que não cumpre os horários de disponibilidade que se comprometeu ou a energia acumulada que indicou. Em contrapartida um cliente que cumpre todos os

aspectos que se comprometeu será premiado e recompensado de acordo com o modelo de negócio criado.

Esse sistema de Informação terá que ser escalável e dinâmico ao ponto de aumentar e diminuir os recursos de processamento. Dependendo da carga de utilização do sistema e localização do cliente, o sistema terá que se adaptar para fornecer a melhor experiência de utilização. Para plataforma de execução do sistema foi escolhido a *Cloud* e será abordado esse tema ao longo do trabalho. Sendo assim, este trabalho pretende explorar esta necessidade e criar um sistema de informação, localizado na *Cloud*, onde seja possível aos donos dos VE colaborarem e poderem entrar no mercado liberalizado de energia elétrica.

Apesar do desenho, da arquitetura do sistema, ser desenvolvido a pensar em possíveis mudanças e novos desenvolvimentos é também necessário ter um cuidado especial sobre a plataforma física e o seu escalamento. A imaturidade do tema e novas abordagens constantes ao mercado da energia obrigam também que o sistema seja bastante flexível e de fácil atualização, daí optar-se por um desenvolvimento na *Cloud*, tirando assim partido das suas potencialidades. O crescente interesse por VE é outro motivo para que pesasse na decisão de construir o sistema do Broker sob a plataforma de *Cloud*, esperando-se uma crescente afluência de pedidos aos serviços web durante todos os dias. O pico de utilização diária será de umas horas bastante previsíveis, a chegada do veículo a casa e a sua ligação à rede causará uma maior utilização do sistema do Broker, sendo assim o sistema terá que se adaptar e aumentar/diminuir a sua capacidade à medida do necessário. Devido a estes e outros fatores (abordados ao longo deste trabalho) o sistema será implementado sob a plataforma de *Cloud*, esperando assim também contribuir para uma utilização responsável e consciência da energia elétrica.

O modelo de Broker Colaborativo é um sistema que permite agrupar vários donos de VE e consequentemente entrar no mercado da energia como um todo. Este sistema permite ao dono do VE registar-se como interessado em disponibilizar o seu VE como parte integrante do modelo de negócio. O sistema é baseado em uma aplicação para o sistema operativo Windows que comunica com um sistema central na *Cloud* onde é feito todo o controlo e análise dos utilizadores.

A integração com os sistemas da rede elétrica é efetuada através do sistema central que poderá estar disponível na internet na forma de uma aplicação *Web* ou uma aplicação de serviços *Web*.

### III. INTEGRAÇÃO COM SISTEMAS EXTERNOS

O Broker colaborativo pode interagir com:

1. Sistema externo da rede elétrica de modo a fornecer toda a informação sobre a totalidade de energia elétrica disponível, os agrupamentos de baterias elétricas dos VE disponíveis e a sua localização bem como o tipo de mercado que o grupo quer pertencer, serviços regularizados ou *spinning reserves*. Este sistema está preparado para receber este tipo de informação, por parte do Broker, sendo que foi definido um protocolo de transferência de dados em XML no qual o Broker irá colocar a informação e o sistema externo interpretar

2. Sistema de informação sobre os clientes, sendo que para isso consulta um sistema interno que é responsável por obter toda a informação relativa ao cliente e VE que possui. Este sistema deverá consultar a base de dados do Broker e efetuar as operações necessárias

3. Sistema de comunicação externo é utilizado quando o Broker Colaborativo pretender comunicar com os VE, quer sejam pedidos de atualização do estado da bateria ou notificações no âmbito do negocio. Foi tido em conta os desenvolvimentos do carregador de VE desenvolvido na Universidade do Minho e o VE desenvolvido no CEIIA (www.ceiia.com). Foi criado um protocolo de transferência de dados em XML de modo a tornar esta transferência o mais standard possível

4. Sistema de créditos ou penalizações, o Broker Colaborativo acede a um sistema interno de modo a facultar os dados para um posterior pagamento aos intervenientes. Este sistema deverá efetuar todas as operações relativas a créditos ou penalizações e respetivas operações na base de dados do Broker

Na Figura 4 estão representados os sistemas com os quais o Broker Colaborativo mantém ligações. A implementação parcial passará pelas fases de criação do protocolo de transferência de dados em XML, pela implementação, por parte do Broker, de serviços web que fornecerão os dados em XML e pela implementação de um simulador que deverá responder a pedidos do Broker e requerer informação exportada pelo Broker.

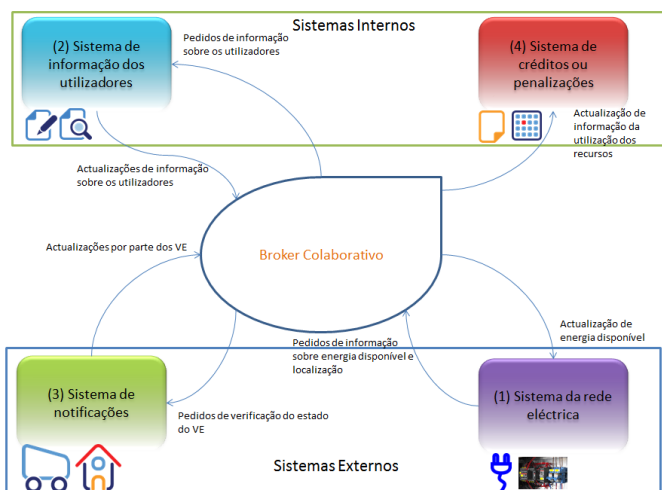


Figure 4. Diagrama de contexto entre Broker e outros sistemas

As implementações das trocas de informação com sistemas externos, identificado como 1 – troca de informação com a rede elétrica (*Smart Grid*) – e o sistema 3 – troca de informação com o sistema de carregamento do VE – ambos identificados na Figura 4, terão o foco principal nos serviços web do Broker. Essa troca de informação far-se-á nos dois sentidos segundo os protocolos de transferência de dados criados. Essa comunicação será sobre um canal TCP utilizando mensagens de SOAP (*Simple Object Access Protocol*).

A implementação total dos sistemas, que funcionarão nos gestores da rede elétrica e postos de carregamento do VE os quais interagem com o VE, estão fora do âmbito do presente projeto tendo-se definido com os parceiros do projeto: Universidade do Minho para a interação com o sistema de carregamento e rede elétrica e o CEIIA para a interação com o VE, a forma de interação. Assumindo a existência de comunicação (wireless, 3G, 4G ou outra forma de comunicar (responsabilidade dos parceiros acima referidos)) ao nível aplicacional no Broker definiu-se a comunicação usando o protocolo de comunicação https, no serviço web e formato definido.

#### A. Sistema da rede elétrica

Sistema da rede elétrica – Este sistema possui a interface para os operadores da rede elétrica. Este sistema tem a capacidade de comunicar com o Broker de modo a ativar os VE para fornecer energia para rede, ou obter informação sobre outros aspetos internos do Broker, por exemplo obtenção real do somatório da energia armazenada nas baterias dos VE de numa determinada zona do país. Todas estas comunicações baseiam-se em acessos a serviços web sobre o protocolo https. Para que se entenda melhor as funcionalidades e a troca de informação de seguida é mostrado uma abordagem simples aos formatos base dos ficheiros XML que são trocados entre o sistema da rede elétrica e o Broker, definido nos modelos Modelo 1 e Modelo 2 identificados na Figura 5. De salientar o facto de se possuir um elemento *OperationId* torna o sistema mais fácil de estender, podendo ser criadas novas operações sem alterar o modelo de dados (caso possam ser chamadas sem a necessidade de criar novos parâmetros).

```

Sentido: Sistema da rede eléctrica -> Broker : Pedido
<ElectricSystem2BrokerRequest>
  <Header>
    <OperationId>int number</OperationId>
  </Header>
  <Body>
    <Usage>
      <Id>long number</Id>
      <StartDateTime>DateTime</StartDateTime>
      <StopDateTime>DateTime</StopDateTime>
      <EnergyPrice>long number</EnergyPrice>
      <LocalId>long number</LocalId>
    </Usage>
  </Body>
</ElectricSystem2BrokerRequest>
Modelo 1 Formato XML base para comunicação entre Sistema da rede eléctrica e Broker : Pedido

Sentido: Sistema da rede eléctrica -> Broker : Resposta
<ElectricSystem2BrokerResponse>
  <Body>
    <UsageRespond>
      <Id>long number</Id>
      <Status>Ok/Failure</Status>
      <TotalEnergy>long number</TotalEnergy>
      <LocalId>long number</LocalId>
    </UsageRespond>
  </Body>
</ElectricSystem2BrokerResponse>
Modelo 2 Formato XML base para comunicação entre Sistema da rede eléctrica e Broker : Resposta
  
```

Figure 5. Modelos XML para troca de informação entre a rede eléctrica e o broker

#### B. Sistema de informação dos utilizadores

Sistema de informação dos utilizadores – Este sistema opera toda a informação relativa ao utilizador e os VE que possui, terá um papel fundamental no agrupamento de utilizadores bem como na procura de possíveis interessados. O Broker utiliza este sistema para calcular a potência de energia global dos VE agregados, bem como os períodos de disponibilidade, baseando-se sempre nos dados facultados pelo

utilizador. O sistema de informação dos utilizadores poderá funcionar de forma independente do Broker ou ser um sistema integrado no Broker. Neste projeto irá criar-se um sistema independente, de modo que existe a necessidade do sistema de informação dos utilizadores comunicar atualizações ao Broker, para que desta forma o Broker possua a informação o mais atualizada possível.

### C. Sistema de notificações

Sistema de notificações – Este sistema poderá estar instalado dos postos de carregamento onde o VE se liga. A troca de informação é feita por um ficheiro XML formatado de forma conveniente, no qual a primeira linha identifica o VE e o posto de carregamento de forma inequívoca e fornece informação sobre o estado da bateria indicando o SOC, ver exemplo na Figura 6. Este sistema permite transmitir comandos remotos para a carga ou descarga do VE, os quais estão fora do âmbito do presente projeto. O Broker colaborativo utiliza este sistema para fornecer em tempo real a informação da energia elétrica disponível, associada à carga das baterias dos VEs no modo V2G ligados à rede nesse momento.

Para que se entenda melhor as funcionalidades e a troca de informação de seguida é mostrado uma abordagem simples aos formatos base dos ficheiros XML que são trocados entre o sistema de notificação e o Broker, Figura 6

```

Sentido: Sistema de notificação do VE -> Broker
<ChargeSystem2BrokerRequest>
  <Header>
    <VehicleId>long number</VehicleId>
    <CurrentBatteryPercentage>int number</CurrentBatteryPercentage>
    <LocalId>long number</LocalId>
  </Header>
  <Body>
    <Usage>
      <Mode>V2G/G2V</Mode>
      <StartDateTime>DateTime</StartDateTime>
      <StopDateTime>DateTime</StopDateTime>
      <BatteryPercentageInitial>int number</BatteryPercentageInitial>
      <BatteryPercentageFinal>int number</BatteryPercentageFinal>
    </Usage>
  </Body>
</ChargeSystem2BrokerRequest>
  
```

Modelo 3 Formato XML base para comunicação entre Sistema de notificação e Broker

```

Sentido: Broker -> Sistema de notificação do VE
<Broker2ChargeSystemRequest>
  <Header>
    <VehicleId>long number</VehicleId>
    <LocalId>long number</LocalId>
  </Header>
  <Body>
    <Action>
      <ActionTypeId>int number</ActionTypeId>
      <Mode>V2G/G2V</Mode>
      <StartDateTime>DateTime</StartDateTime>
      <StopDateTime>DateTime</StopDateTime>
      <BatteryPercentage>int number</BatteryPercentage>
    </Action>
  </Body>
</Broker2ChargeSystemRequest>
  
```

Modelo 4 Formato XML base para comunicação entre Broker e Sistema de notificação

Figure 6. Modelos XML para troca de informação entre sistema de notificação e o broker

### D. Sistemas de créditos ou penalizações

Sistemas de créditos ou penalizações – O mecanismo de créditos têm como objetivo fornecer uma compensação aos donos de VE que queiram colaborar no sistema do Broker colaborativo. Esses créditos podem ser na forma monetária ou através de notas de crédito nos consumos de energia domestica, por parte do dono do VE. O sistema compensa o utilizador com valores diferentes dependendo da situação específica. A utilização no modo V2G tem diferentes espaços temporais

diários o que permite diferenciar alturas do dia em que a utilização dos VE, como um recurso, é mais compensatória – alturas do dia em que existe um maior consumo de eletricidade.

Para que o Broker consiga ser um interveniente no negócio da energia elétrica, tem que cumprir as obrigações combinadas. As penalizações respeitam o princípio de compromisso por parte do utilizador. Se o utilizador fornecer a informação que utiliza o VE, no modo V2G, durante determinadas horas diárias, com um determinado nível de capacidade de bateria, deverá respeitar o compromisso combinado, sendo penalizado se não o cumprir. As penalizações podem ser na forma de notas de débito ou desconto de créditos que possua. O Broker fornece a informação necessária para que este sistema, de créditos ou penalizações, possa efetuar os respetivos acertos com os utilizadores, de forma justa e o mais realista possível.

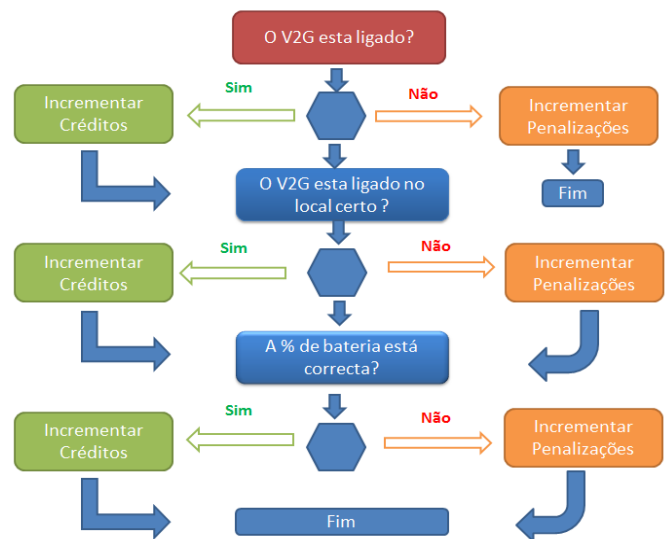


Figure 7. Fluxo de atribuição de créditos e penalizações

Como o sistema poder sofrer alterações o número de créditos e penalizações são uma configuração do sistema que podem alterar consoante as novas especificações. Outro fator importante de realçar é o facto de que o cliente pode receber créditos se incentivar amigos a aderir à colaboração através das redes sociais. Assim por cada utilizador que se registre na colaboração é adicionado 100 unidades de créditos a todos os “amigos” desse utilizador. Com esta bonificação extra espera-se que os utilizadores façam publicidade ao sistema e tentem encontrar outros utilizadores para possíveis clientes do Broker.

A importância de o VE estar ligado durante o período combinado e no local específico é fundamental para o Broker fornecer informação correta no mercado de energia, não apenas para informação acerca da potência existente, mas também, o local onde essa existe. A distribuição de créditos numa utilização completa foi efetuada consoante a importância de cada compromisso, no entanto será necessário, para o Broker, possuir informação exata sobre a utilização do VE no modo V2G. De modo a controlar e monitorizar as ligações dos VEs existe um processo que é ativado quando o VE estabelece a ligação com o Broker, como é demonstrado pela Figura 8.

Aquando ocorre uma falha na ligação do VE ao Broker é iniciado um processo de averiguação de falha. Esse processo, descrito pela Figura 9, verifica o período em que o VE devia estar ligado e se for necessário é efetuada uma espera por restabelecimento de ligação, por fim é efetuado uma atribuição de créditos ou penalização (no caso do período não ter sido terminado com sucesso).

De um modo geral um utilizador recebe créditos se ligar o seu VE durante o período, local e a percentagem da capacidade da bateria que acordou com o Broker. Dependendo da falha de compromisso o utilizador sofre penalizações e desse modo perde créditos já obtidos.

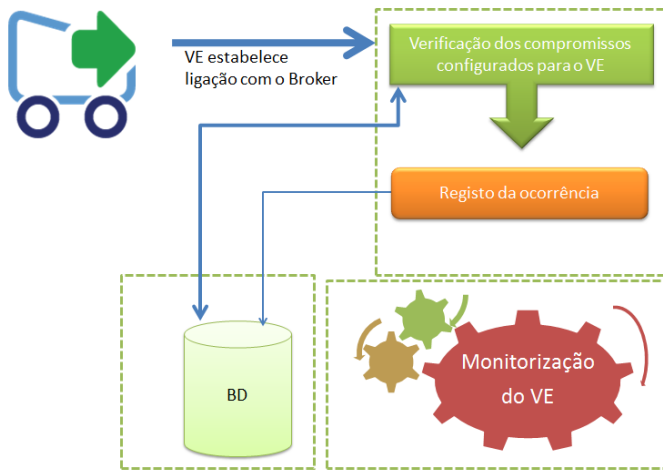


Figure 8. Monitorização da ligação ao VE

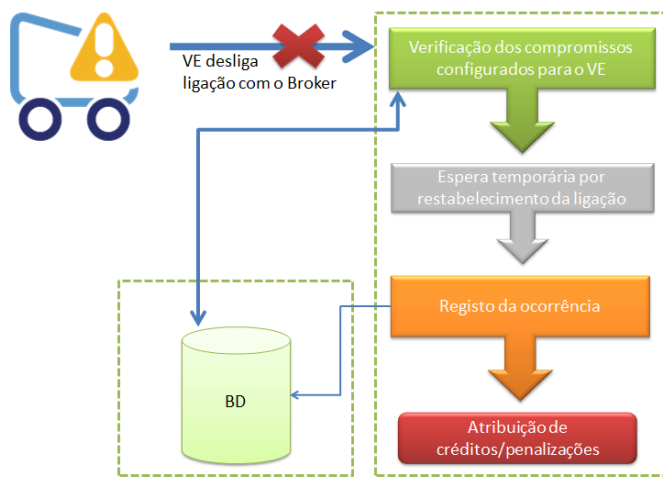


Figure 9. Processo de falha de ligação entre o VE e Broker

#### IV. ARQUITETURA PROPOSTA NA CLOUD

O sistema do Broker Colaborativo está dividido em três camadas diferentes. Existe a camada de apresentação das funcionalidades (*User Interface*), a camada de serviços com a lógica de negócio (*Web Services*) e uma última camada de processos que correm em segundo plano (*Background Services*). A Figura 10 apresenta essa separação, com alguma informação sobre o conteúdo em cada camada e também está

representado a plataforma tecnológica utilizada em cada uma das camadas. A camada de apresentação possui dois módulos de funcionalidades, um módulo com funcionalidades para o administrador e outro para o utilizador comum do Broker. Para o desenvolvimento no Microsoft Azure, a Microsoft disponibiliza uma *framework* e um conjunto de ferramentas integradas com o Visual Studio, bem como um simulador que permite criar e testar as aplicações criadas como se estivessem na *Cloud*.

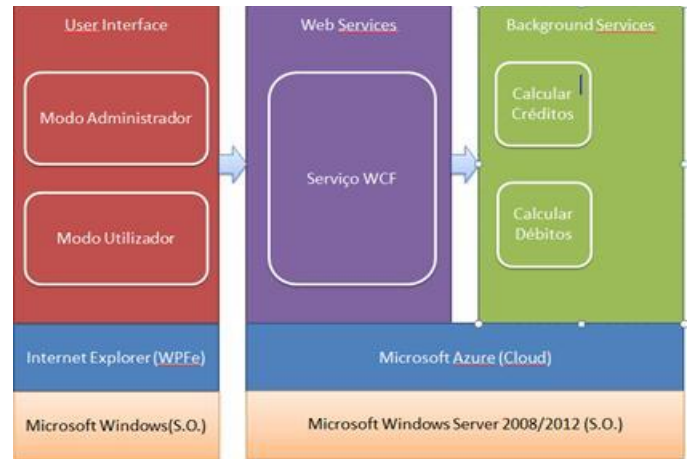


Figure 10. Principais camadas do sistema Broker Colaborativo

##### A. Ambiente de execução dos serviços em segundo plano

O Microsoft Azure é a plataforma principal para sistema em *Cloud* onde sejam utilizadas ferramentas de desenvolvimento para .NET. Foi utilizada esta plataforma de *Cloud* da Microsoft que disponibiliza, sobre o Sistema Operativo MS Server 2008, uma *framework* que possibilita a execução de processos em modo de segundo plano. O nome dessa metodologia chama-se *Worker Roles* e baseia o seu tempo de vida no processamento de tarefas, no caso do Broker este processamento será para efetuar o cálculo de créditos e débitos dos clientes. Devido ao número de clientes não ser conhecido no arranque do projeto e podendo alterar ao longo do tempo, existe a possibilidade de aumentar o número de máquinas (instâncias) que vão efetuar o cálculo, sendo que a solução criada, já está preparada para essa distribuição de trabalho utilizando as funcionalidades da *Cloud*. Esta plataforma deverá igualmente disponibilizar um acesso remoto a cada uma das instâncias de modo a verificar qualquer situação anómala no processo. Toda a API para o desenvolvimento de aplicações de *Worker Roles* está bem definida e documentada. O desenvolvimento foi efetuado em C# no entanto podia recorrer a programas externos elaborados em outras linguagens, tendo apenas o requisito de funcionar em Sistemas Operativos Windows.

##### B. Serviços do sistema Broker

A camada de serviços assenta sobre a metodologia Web Roles. Esta metodologia permite exportar um ponto de acesso aos Web Services e consequentemente à lógica de negócio. Internamente esta camada está sob o *Internet Information Server* (IIS) podendo executar serviços feitos em ASP.NET ou WCF. Esta metodologia baseia o seu tempo de vida no processamento de pedidos às operações do serviço, no caso do

Broker estes pedidos podem ser de diferentes naturezas, desde a autenticação dos utilizadores a funcionalidades específicas do negócio. Devido ao número de clientes não ser conhecido no arranque do projeto e podendo alterar ao longo do tempo, existe a possibilidade de aumentar o número de máquinas (instâncias) que vão receber os pedidos dos clientes. Para que o sistema nunca deixe de processar pedidos, a solução teve em conta a possibilidade de o processamento ser efetuado em diferentes máquinas. Na elaboração desta camada foi utilizado C# e as bibliotecas necessárias para efetuar serviços com o WCF. Estas bibliotecas bem como as ferramentas integradas no Visual Studio estão bem documentadas e de fácil acesso via MSDN.

### C. Camada de apresentação

A camada da interface com o utilizador é executada dentro de um *browser*. Esta camada é suportada por um conjunto de funcionalidades do WPF sob a forma de *plug in* do *browser*. As funcionalidades do WPF foram cuidadosamente escolhidas de modo a adaptar-se para cenários web. No modo de total autorização, as aplicações em WPF permite aceder ao PC do cliente sem qualquer restrição, podendo comunicar com um dispositivo ligado ao PC ou até mesmo ter acesso aos ficheiros do utilizador. Neste tipo de *framework* a programação é de todo similar com o WPF, mudando apenas o conceito de execução. No caso de uma aplicação WPF é programado como se fosse uma aplicação para desktop, apesar de ser uma aplicação web. Todo o código que é executado na plataforma WPF é executado no lado do cliente, sendo que qualquer funcionalidade que necessite de acesso ao servidor terá que ser usado algum tipo de comunicação externa. No caso do Broker essa comunicação é efetuada usando *Web Services*.

### D. Aplicação Broker Colaborativo

A aplicação do Broker foi elaborada segundo o padrão Model-View-Controller (MVC) sendo que em alguns casos foi utilizado o padrão Model-View-ViewModel (MVVM). Estes padrões de arquitetura estão especializados para desenvolvimento aplicações com interfaces para o utilizador, em que separa de uma forma clara a interface gráfica e a lógica aplicacional.

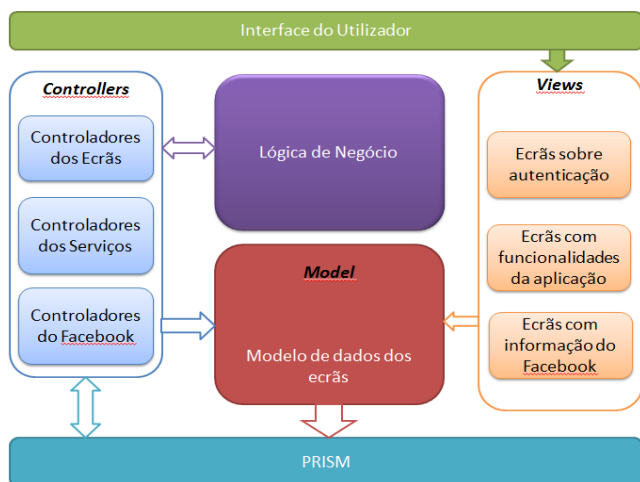


Figure 11. Arquitetura da Interface do Broker

A utilização da *framework* PRISM serviu para criar uma interação otimizada entre diferentes componentes ou até mesmo módulos. Serviu também para separar, de uma forma clara, os vários componentes do Broker, independentes entre si. Os diferentes subsistemas do Broker estão representados na Figura 11. Cada bloco representa um conjunto de componentes agrupados por funcionalidades e que expõem interfaces bem definidas para comunicação e utilização.

## V. CENÁRIOS DE UTILIZAÇÃO

Vamos elaborar uma pequena descrição no modo de operação da aplicação desenvolvida, sendo para o efeito considerados três cenários. Um cenário durante a manhã que o dono do VE sai de casa (Figura 12), o cenário durante a tarde (Figura 13) em que o dono do VE possui o VE ligado ao carregador desenvolvido na Universidade do Minho [10] e desse modo controlado pelo Broker e um cenário em que o dono vai para casa e mantém o carro ligado durante a noite (Figura 13). Quando o VE é desligado do carregador, este informa o Broker e este regista essa situação para futuros cálculos de créditos ou débitos. O VE efetua uma pequena viagem totalmente desligado do Broker e assim que acaba, o VE é novamente ligado a um carregador que controlará a utilização em modo V2G, enviando atualizações num período de tempo configurado.

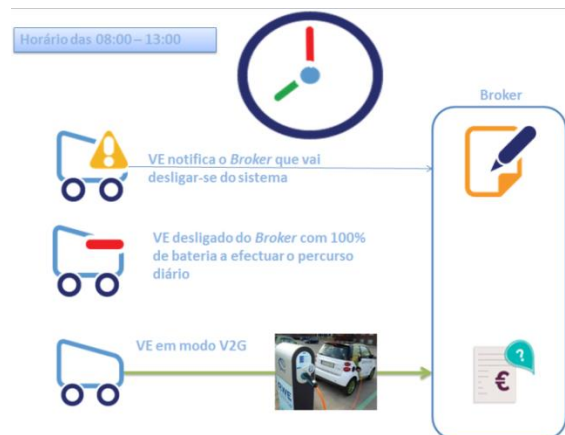


Figure 12. Utilização do VE durante a manhã

Por vezes o VE é utilizado em deslocamentos durante o período de almoço, não sendo considerado nestes cenários por depende muito de cada utilizador, contudo pressupõe-se que o dono do VE possua-o ligado a partir das 14h em que estará disponível no modo V2G entre as 14h e 16h. Perto da hora de saída do dono, o Broker coloca o VE no modo G2V para que carregue a bateria para a viagem de volta a casa. Estes tempos podem ser alterados devido a vários fatores, o preço da energia estar mais barata em outra altura do dia ou a bateria do VE estar com uma taxa de SOC bastante alta. A carga na bateria varia ao longo do dia, sendo que na maioria dos casos o carregamento do VE acontece à noite em horas de pouco consumo de eletricidade e consequentemente mais barata. Contudo existem horas críticas durante o dia em que existe um pico no consumo por volta das 20h que se pressupõe que os VE já estão ligados e com um SOC bastante elevado, já que estiveram durante a tarde a carregar. É neste período que é necessário incentivar (sistema premeia com maior número de

créditos estes períodos críticos) que exista o maior número de VE ligados com alguma carga associada.

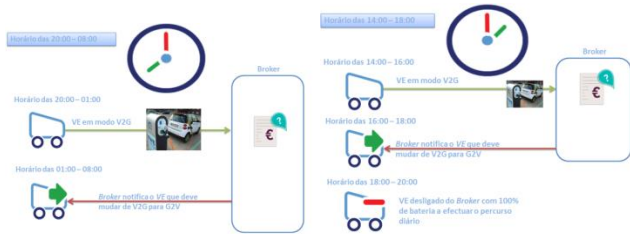


Figure 13. Utilização do VE durante a tarde (lado esquerdo) e durante o dia (lado direito)

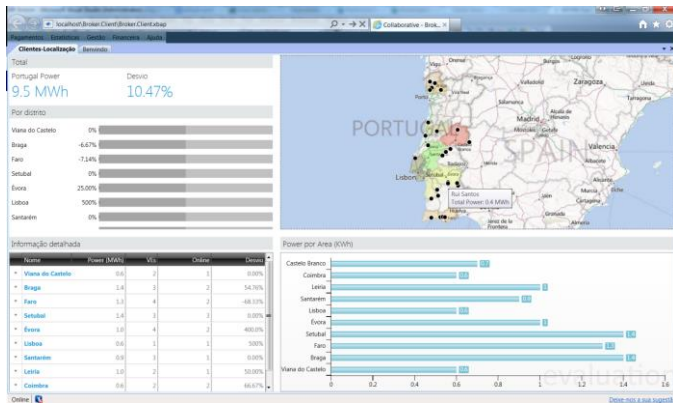


Figure 14. Menu do Broker onde visualizamos a potência disponível por região

Convidamos a verem uma demonstração da aplicação disponível online em:

<https://www.dropbox.com/s/nrd3asrgrksecwb/ClientTest.wmv>

São mostradas algumas funcionalidades na Figura 14, onde pode-se visualizar a potência disponível por regiões.

## VI. CONCLUSÕES

O presente trabalho constituiu um desafio interessante no qual foi desenvolvida uma aplicação o Broker para uma realidade que irá progressivamente ‘aparecer’ com a crescente liberalização do mercado de energia e a introdução e massificação do uso do VE. Este desafio foi complementado com o desenvolvimento da aplicação na Cloud explorando o potencial deste novo paradigma em crescente uso e desenvolvimento. O Broker permite a os donos de VE possam juntar-se e criar uma colaboração, e desse modo entrarem no mercado da energia elétrica. Essa colaboração será estendida, utilizando uma rede social e compensada através de créditos. Sistemas externos, como por exemplo operadores da rede elétrica, poderão interagir com o Broker através de serviços web que exportarão informação filtrada e agrupada de acordo com as necessidades, para que estes possam otimizar as suas operações diárias. É abordado o tema das plataformas de Cloud como uma plataforma amiga do ambiente e vantajosa no desenvolvimento de sistemas com grande potencial de crescimento. De acordo com a arquitetura proposta, foram

identificados casos de uso, bem como cenários de integração com outras entidades que permitissem a implementação das funcionalidades acima descritas, bem como outras não críticas, mas que trazem valor acrescentado ao sistema. A implementação aqui descrita explica tecnicamente como implementar um sistema que cumpra com as funcionalidades necessárias para criar uma colaboração entre VE de modo a entrarem no mercado de energia elétrica. Esta implementação teve em conta a volatilidade e novos desenvolvimentos na área do mercado de energia, conseguindo adaptar-se facilmente a alterações nas áreas que interveio. A utilização de plataformas de Cloud na elaboração do Sistema de Informação, constituiu um desafio interessante, sendo, sob o ponto de vista tecnológico, um tema de grande notoriedade, também representa um modelo com eficiência e otimização de energia bastante cuidadosa, o que é um fator de relevância em todo este trabalho.

A utilização da Cloud permite que inicialmente as especificações das máquinas virtuais, necessárias para alojar a base de dados, ou os ficheiros do Broker, possam ser configuradas dependente do número de utilizadores do sistema e deste modo não desperdiçar recursos que não seriam utilizados. Devido a estes aspetos dinâmicos, que estão intrínsecos ao fator humano, o Broker foi implementado utilizando um módulo de integração com a rede social Facebook e deste modo espera-se que a colaboração, com diferentes VE, seja difundida através dos amigos e conhecidos de um utilizador da colaboração.

## REFERENCES

- [1] Skinner, Ian. Towards the decarbonisation of the EU's. 2010.
- [2] <http://ec.europa.eu>. 2007.
- [3] Communities, Commission of the European. Climate Change and Energy - 20 20 20 by 2020, [http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/package/index_en.htm). 2008.
- [4] EU. Calls for the European Green Cars Initiative. <http://www.green-cars-initiative.eu/public/open-fp7-calls>. 2012.
- [5] DGMT. “Roadmap to a single European Transport Area — Towards a competitive and Resource Efficient Transport system”. 2011.
- [6] Pikerresearch. “Electric Vehicle Geographic Forecasts”. <http://www.pikerresearch.com/research/electric-vehicle-geographic-forecasts>. 2010. (Acedido em Setembro de 2012)
- [7] A. T. G.Brooks. “Integration of electric drive vehicles with the electric power grid—a new value stream in”. 18th International Electric Vehicle Symposium and Exhibition, Berlin. 2001.
- [8] João C. Ferreira, João L. Afonso, “A Conceptual V2G Aggregation Platform”, EVS-25 -The 25th World Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symp. & Exhibition, 5-9 Nov. 2010, Shenzhen, China.
- [9] João C. Ferreira, Vítor Monteiro, Alberto Silva, João L. Afonso. “Simulation Platform for Electric Vehicle charging Process”. 1st International Electric Vehicle Technology Conference (EVTEC 11), 17-19 May 2011, Yokohama- Japan.
- [10] Vítor Monteiro, João C. Ferreira, Gabriel Pinto, Delfim Pedrosa, João L. Afonso, “iV2G Charging Platform”, IEEE-ITSC, 13th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, 19-22 September 2010, Madeira, Portugal. IEEE Catalog Number: CFP10ITS-CDR, ISBN: 978-1-4244-7658-9, ISSN: 2153-0009, Pag 337.