

**edp distribuição** **DME** Coimbra 2012

## Dia da Mobilidade Elétrica

### Potencial do VE para fornecer serviços de sistema e maximizar a integração de geração renovável

**Nuno Melo** (Direção de Tecnologia e Inovação)      **Ricardo Messias** (Direção de Planeamento de Redes)

Supervisão **ISR INSTITUTO DE SISTEMAS E ROBÓTICA**  
 Prof. Anibal Traça de Almeida  
 Prof. Joaquim Delgado

Coimbra, 21 junho 2012

## Agenda

- Motivação
- Baterias de tração
- Impacto na rede de distribuição
- Serviços de sistema no mercado Português
- Perfil de mobilidade pendular automóvel em Portugal
- Potencial dos VE para fornecimento de serviços sistema
- Principais conclusões

**edp distribuição**

## Motivação

Qual o potencial dos VE para fornecimento de serviços de sistema?

- Suporte ao aumento da penetração de fontes renováveis intermitentes
- Manutenção da fiabilidade e eficiência de exploração da rede distribuição
- Aproveitamento de sinergias entre sistema elétrico e transportes rodoviários

**edp distribuição**

## Baterias de tração

Principal desafio à massificação do VE – Baterias de tração

Requisitos de capacidade e potência

Potencial das diferentes tecnologia para VE

Atualmente, as tecnologias de lítio apresentam-se como as mais promissoras para responder aos requisitos de energia e potência dos VE – Elevadas densidades de energia e potência / Flexibilidade de projeto

**edp distribuição**

## Impacto na rede de distribuição

### Caso com 226 moradias

**Dados:**

- 1 veículo eléctrico por fogo;
- Quilometragem média = 15.000 km/ano;
- Autonomia da bateria = 160 km;
- Capacidade da bateria = 20 kWh;
- Eficiência do ciclo de energia da bateria = 86%;
- Tomada doméstica: 230 V – 15 A (3,45 kVA);
- Tempo de carregamento = 6 horas.

**Pressupostos:**

- Consumo anual = 2.000 kWh;
- Número de carregamentos completos = 100;
- Consumo = 15 kWh / 100 km;
- Distribuição de carregamentos anual óptima:  
 100 carregamentos / 365 dias = 0,27 c / d  
 0,27 x 226 V.E. = 61 V.E. c / d

**edp distribuição**

## Impacto na rede de distribuição

### Caso com 226 moradias

**Dados:**

- 1 veículo eléctrico por fogo;
- Quilometragem média = 15.000 km/ano;
- Autonomia da bateria = 160 km;
- Capacidade da bateria = 20 kWh;
- Eficiência do ciclo de energia da bateria = 86%;
- Tomada doméstica: 230 V – 15 A (3,45 kVA);
- Tempo de carregamento = 6 horas.

**Pressupostos:**

- Consumo anual = 2.000 kWh;
- Número de carregamentos completos = 100;
- Consumo = 15 kWh / 100 km;
- Distribuição de carregamentos anual óptima:  
 100 carregamentos / 365 dias = 0,27 c / d  
 0,27 x 226 V.E. = 61 V.E. c / d

### Impacto na rede de distribuição Caso com 226 moradias

**Dados:**

- 1 veículo eléctrico por fogo;
- Quilómetros média = 15.000 km/ano;
- Autonomia da bateria = 160 km;
- Capacidade da bateria = 20 kWh;
- Eficiência do ciclo de energia da bateria = 86%;
- Tomada doméstica 230 V – 15 A (3,45 kVA);
- Tempo de carregamento = 6 horas.

**Pressupostos:**

- Consumo anual = 2.000 kWh;
- Número de carregamentos completos = 100;
- Consumo = 15 kWh / 100 km;
- Distribuição de carregamentos anual óptima:
- 100 carregamentos / 365 dias = 0,27 c./d
- 0,27 x 226 V.E. = 61 V.E. c./d

Diagrama de carga com entrada de VE no vazio das 00:00 às 06:00

Diagrama com entrada de VE com distribuição controlada das 22:00 às 08:00

### Serviços de sistema no mercado Português Introdução

**Serviços de sistema obrigatórios** – Fornecidos pelos produtores em regime ordinário, não sendo elegíveis para remuneração

- Controlo de tensão
- Controlo de estabilidade
- Regulação primária de frequência

**Serviços de sistema complementares** – Elegíveis para remuneração extra

- **Regulação secundária**
- **Reserva de regulação**
- Blackstart
- Compensação síncrona e estática
- Interruptibilidade rápida

European Network of Transmission System Operators for Electricity (ENTSO-E) (2011, Sep.) ENTSO-E (2011a). <https://www.entsoe.eu/system-operators/regional-groups>

### Serviços de sistema no mercado Português Regulação primária

- Previne a ocorrência de grandes desvios de frequência relativamente aos 50 Hz

European Network of Transmission System Operators for Electricity (2011, Sep.) ENTSO-E (2011a). <https://www.entsoe.eu/system-operators/regional-groups>

- Característica proporcional associada à contribuição global de todas as Áreas de Controlo na Área Síncrona da Europa Continental → Equilíbrio entre consumo e geração é restabelecido em poucos segundos
- Todos os sistemas interligados contribuem para a reserva de controlo primário

$$R_{PC} = \frac{a}{b} \times R_{EFF}$$

- A reserva de controlo primário de cada Área de Controlo deve ser ativada em:
  - ✓ Até 15 seg. – Desvios frequência < 100 mHz
  - ✓ Entre 15 e 30 seg. – Desvios frequência entre 100 mHz e 200 mHz
- Deve estar completamente em serviço em 30 seg.

### Serviços de sistema no mercado Português Regulação secundária

- Recupera a frequência para o valor pré-definido (50 Hz)
- Recupera a potência nas interligações para os valores pré-agendados
- Recupera a reserva de controlo primário utilizada

European Network of Transmission System Operators for Electricity (2011, Sep.) ENTSO-E (2011a). <https://www.entsoe.eu/system-operators/regional-groups>

- Ação desenvolvida apenas nas Áreas de Controlo em que se verifica a perturbação
- **Banda regulação secundária** – Banda ajustável em que o controlador pode funcionar automaticamente, em regulação para cima e para baixo
  - ✓ Reserva de regulação secundária – Parte positiva da banda de regulação secundária
  - ✓ Potência de regulação secundária – Parte da banda de regulação secundária já ativada

$$R_{PC} = \sqrt{a^2 + b^2} - b$$

a = 10 MW  
b = 150 MW  
Lmax = Carga máxima prevista para cada hora

- Deve arrancar em 30 seg
- Deve estar completamente em serviço em 15 min

### Serviços de sistema no mercado Português Reserva de regulação

- Recupera a reserva de regulação secundária
- Distribuição da potência de regulação secundária pelos geradores de acordo com critérios económicos
- Resposta à perda imprevista da potência máxima de geração pré-definida
- Correção de desequilíbrios significativos entre consumo e geração
- Fornecida por:
  - ✓ Ligação ou desligação de geradores de grande potência
  - ✓ Redistribuição da potência desenvolvida por geradores em regulação secundária
  - ✓ Ajuste da potência dos programas de intercâmbio entre Áreas de Controlo
  - ✓ Controlo de carga, por comando centralizado
- Deve ser ativada em 15 minutos

European Network of Transmission System Operators for Electricity (2011, Sep.) ENTSO-E (2011a). <https://www.entsoe.eu/system-operators/regional-groups>

### Perfil de mobilidade pendular automóvel em Portugal Distâncias percorridas em dias úteis

**Fonte de dados**

- Inquérito a colaboradores EDP de 18 cidades em Portugal continental
- Caracterização das deslocações pendulares casa – local trabalho (inclui ida e volta)
- Consideradas respostas de 951 colaboradores que utilizam automóvel nas suas deslocações diárias

Extrapolação de 951 para 300 000 condutores

**77% dos condutores percorrem menos de 50 km/dia**  
**93% dos condutores percorrem menos de 100 km/dia**

### Perfil de mobilidade pendular automóvel em Portugal

Período de estacionamento em casa em dias úteis

**Considerações**

- Consumo médio de um VE: 150 Wh/km
- Capacidade de armazenamento típica: 24 kWh
- Máxima DoD: 70%, de modo a prevenir degradação prematura da bateria
- Perfil dos condutores que percorrem menos de 100 km/dia (280 000)

**VE típico poderá percorrer 100 km/dia, com reserva de segurança de 10%**

**100% VE estacionados em casa pelo menos 8 horas/dia e carregam em menos de 4 horas**

**67% VE estacionados em casa mais de 12 horas/dia**

**77% VE carregam em menos de 2 horas**

edp distribuição

### Potencial dos VE para fornecimento de serviços sistema

Fornecimento regulação primária

**Conceptualmente, regulação primária pode ser fornecida por VE**

- Variações de frequência podem ser atenuadas através de controlo de carregamento

**Implementação com VE em tempo real parece muito difícil**

- Integração nos VE de sistemas de monitorização e controlo → Investimentos significativos
- Alterações significativas nos carregadores
- Requisitos dos Operadores Sistema impõem elevados padrões de qualidade
- Limitações de medida e avaliação da qualidade → Serviço obrigatório para geradores em regime ordinário
- Necessidade de funcionamento a diferentes regimes de carga (inferior à potência nominal)
  - ✓ Redução da eficiência e do Fator de Potência
  - ✓ Aumento da distorção harmónica

**Fornecimento de regulação primária por VE parece não ser técnico-economicamente exequível**

edp distribuição

### Potencial dos VE para fornecimento de serviços sistema

Fornecimento regulação secundária

**Considerações**

- 280 000 VE carregam todas as noites em tomadas domésticas (16 A, 230 V)
- VE fornecem regulação secundária somente quando 90% dos veículos estacionados (21:00 - 07:00)

**Contribuição para a banda de regulação secundária**

- Distribuindo a carga necessária (1235 MWh) pelo período de 10 horas – VE têm potencial para:
  - ✓ Reserva de regulação secundária média: 123 MW para cima e 63 MW para baixo
  - ✓ Reserva de regulação secundária média, para cima e para baixo durante o período noturno (21:00 – 07:00):
    - 62% das reservas necessárias em Janeiro 2011
    - 70% das reservas necessárias em Setembro 2011

edp distribuição

### Potencial dos VE para fornecimento de serviços sistema

Fornecimento reserva de regulação

**Contribuição para energia de regulação com base em dados de Janeiro 2011**

- Energia em regulação secundária e reserva de regulação – Para cima e para baixo
- Energia mobilizada das 21:00 às 07:00 nos dias da semana

**Se energia de carregamento VE (1235 MWh) utilizada para fornecimento de reserva de regulação para baixo**

- VE contribuiriam entre 13% e 100% da reserva necessária
- Em 30% das noites, a energia de carregamento VE seria suficiente para fornecimento de todas as reservas de regulação para baixo

edp distribuição

### Potencial dos VE para fornecimento de serviços sistema

Fornecimento reserva de regulação

**Contribuição para energia de regulação com base em dados de Setembro 2011**

- Energia em regulação secundária e reserva de regulação – Para cima e para baixo
- Energia mobilizada das 21:00 às 07:00 nos dias da semana

**Se energia de carregamento VE (1235 MWh) utilizada para fornecimento de reserva de regulação para baixo**

- VE contribuiriam entre 38% e 100% da reserva necessária
- Em 52% das noites, a energia de carregamento VE seria suficiente para fornecimento de todas as reservas de regulação para baixo

edp distribuição

### Principais conclusões

**VE apresenta um grande potencial para fornecimento de regulação secundária**

- Potência de carregamento agregada pode fornecer entre 60% e 70% da banda de regulação secundária necessária durante os períodos noturnos dos dias úteis

**VE apresenta um grande potencial para fornecimento de reserva de regulação**

- Energia de carregamento agregada pode contribuir a partir de 13% da energia de regulação para baixo

**VE pode contribuir para acomodar o aumento crescente de geração renovável**

**Necessário desenvolver e implementar sistemas de controlo**

- Só uma solução de gestão inteligente da rede será capaz de otimizar a utilização de todos os recursos
- Necessidade de integração das componentes comerciais e técnicas, numa única plataforma inteligente
- Implementação do projecto InovGrid em simultâneo com o VE poderá ser a solução

edp distribuição