

Optimização integrada dos recursos energéticos no sector residencial

Carlos Henggeler Antunes
Universidade de Coimbra + INESC Coimbra

Objectivo

- Optimização integrada dos recursos energéticos de acordo com sinais da rede + restrições/preferências definidas pelo utilizador
- Minimizar a conta de electricidade
- Minimizar a insatisfação provocada pelas acções de controlo
- Escalonamento de cargas eléctricas (residenciais)
- Microgeração
- Armazenamento

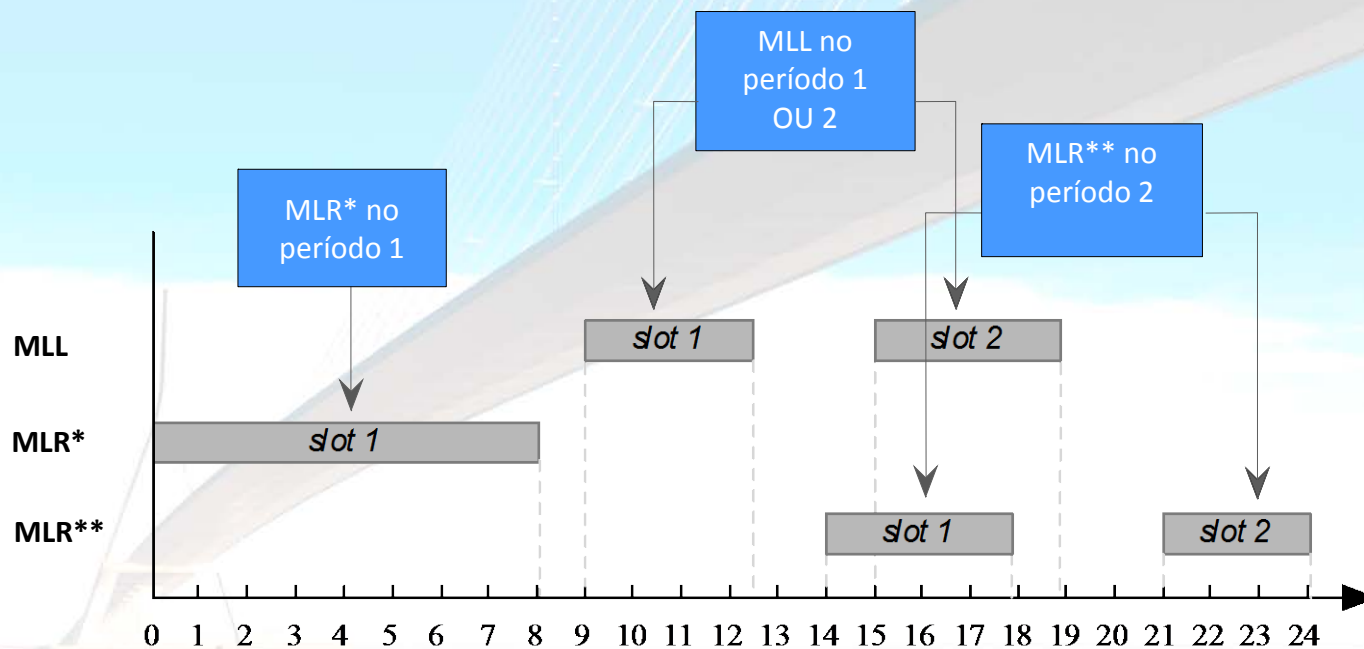
Objectivo

- Restrições
 - nível de potência contratada,
 - preferências relativas aos períodos admissíveis/preferidos para o funcionamento de cada carga,
 - energia “usável” em cada período de tempo para ter em conta variações na carga base (não controlável).
- Tarifas dinâmicas (num contexto smart grid).
- Ajudar os consumidores a tirar partido de diferentes utilizações dos serviços de energia para reduzir a conta de electricidade através da implementação de acções de resposta da procura.

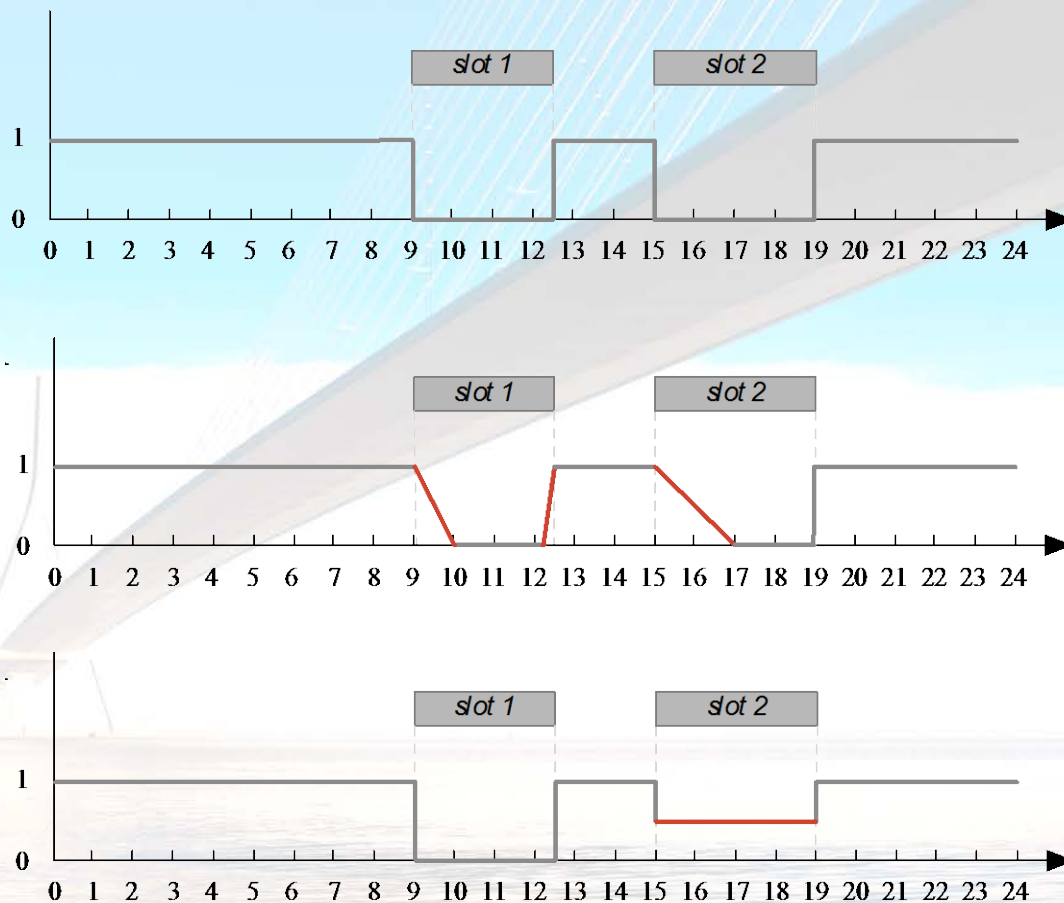
Inputs

- Carga não disponível para acções de controlo
- Cargas controláveis
 - Interrompíveis
 - Deslocáveis
 - Reparametrizáveis
- Variação do preço €/kWh
- Vários níveis de potência contratada
- Preferências sobre períodos de tempo de funcionamento

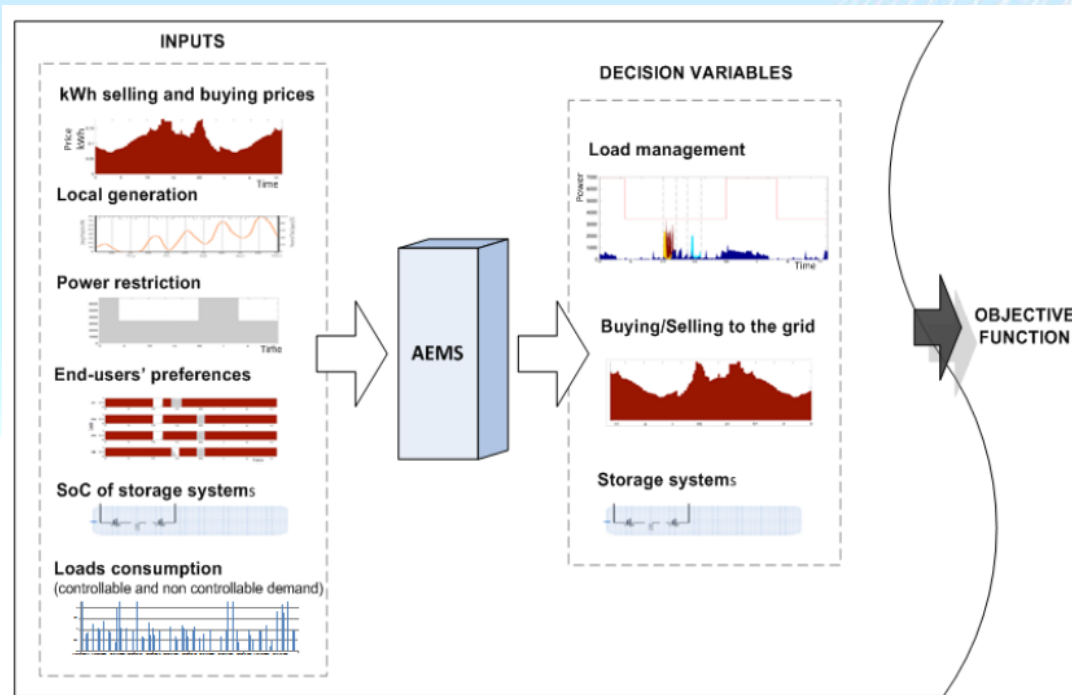
Slots temporais para funcionamento de cada carga



Penalidades associadas às preferências sobre períodos de tempo de utilização de cada carga



Modelo multi-objectivo custo vs. insatisfação



Source: Soares, Lopes, et al., 2012

**Modelo multi-objectivo:
custo vs. preferências do
utilizador**

Exploração de trade-offs
e identificação de
soluções de
compromisso

Acções de controlo

Consumer Devices

These devices are typically behind the meter and receive price signals to make "smart" decisions regarding energy use. Ultimately, their decisions are communicated back to the grid.



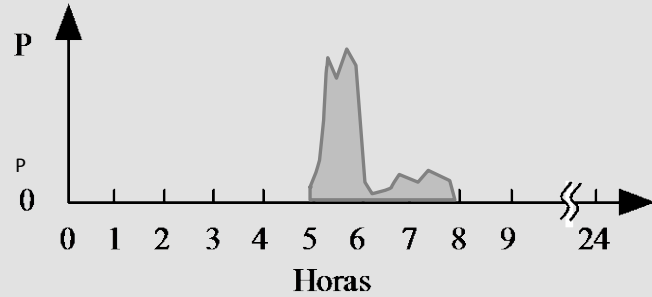
Source: <http://blog.gogreensolar.com/search/label/enphase%20energy/page/8>

- Acções de controlo sobre cargas controláveis
 - adiar ou antecipar o ciclo de funcionamento de cargas cíclicas,
 - alterar os *set points* de temperatura ou/e banda morta em cargas controladas termostaticamente
 - alterar o perfil de consumo de cargas
 - decidir quando vender/armazenar energia

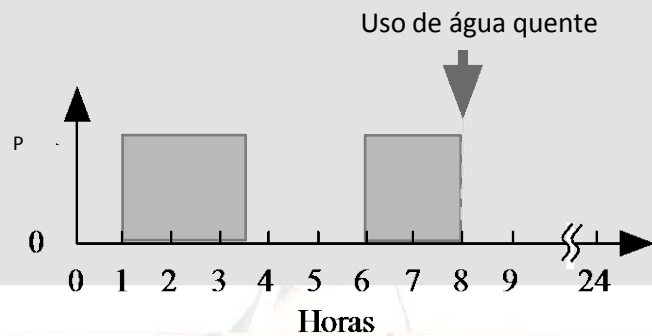
Dados:

- ❖ de auditorias para cargas deslocáveis;
- ❖ assunções sobre regimes de carga de VEs;
- ❖ modelos fisicamente baseados para cargas termostáticas e sistemas de armazenamento estacionários.

Acções de controlo



Cargas deslocáveis



Cargas termostáticas

(antecipar o ciclo de funcionamento / modificar *set points* de temperatura)

G2V

V2G



VE

Modelo matemático

$$\min \sum_{t=1}^T \left(\sum_{j=1}^n \frac{\epsilon_t p_{jt}}{60} + \sum_{b=1}^m \frac{\epsilon_t p_{bt}}{60} + \frac{\epsilon_t v_t}{60} - \frac{\epsilon_t 0.8s_t}{60} + \frac{\epsilon_t u_t}{60} \right) \quad \text{Eq. 1}$$

$$\min \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n (g_{jt} + h_{jt})y_{jt} + \sum_{b=1}^m r_b \quad \text{Eq. 2}$$

s. t.

$$y_{jt} = \begin{cases} 1, & \text{if } x_j \leq t \leq x_j + d_j \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad \begin{matrix} j = 1, \dots, n \\ t = 1, \dots, T \end{matrix} \quad \text{Eq. 3}$$

$$\sum_{j=1}^n p_{jt} + u_t + \sum_{b=1}^m p_{bt} + v_t - s_t - a_t \leq C_t \quad \begin{matrix} t = 1, \dots, T \end{matrix} \quad \text{Eq. 4}$$

$$a_t = a_{LPt} + a_{Bt} \quad \forall t \quad \text{Eq. 5}$$

$$s_t = s_{LPt} + s_{Bt} \quad \forall t \quad \text{Eq. 6}$$

$$a_{LPt} + s_{LPt} \leq LP_t \quad \forall t \quad \text{Eq. 7}$$

$$a_{Bt} + s_{Bt} \leq Q_t \quad \forall t \quad \text{Eq. 8}$$

$$p_{jt} = f_j(t - x_j + 1)y_{jt} \quad \begin{matrix} j = 1, \dots, n \\ t = 1, \dots, T \end{matrix} \quad \text{Eq. 9}$$

$$1 \leq x_j \leq T - d_j \quad j = 1, \dots, n \quad \text{Eq. 10}$$

- SoC verificada em cada iteração através dos MFB
- O algoritmo garante a banda morta das cargas termostáticas num intervalo de referência definido pelo utilizador

$$Tref_{Hb} - w_b = Tref_{Lb} \quad \forall b \quad \text{Eq. 11}$$

For b=fridge and b=air conditioner:

$$\begin{cases} p_{bt} = P_b, & \tau_{bt} < \tau_{b(t-1)} \\ p_{bt} = 0, & \tau_{bt} \geq \tau_{b(t-1)} \end{cases} \quad \begin{matrix} t = 1, \dots, T \end{matrix} \quad \text{Eq. 12}$$

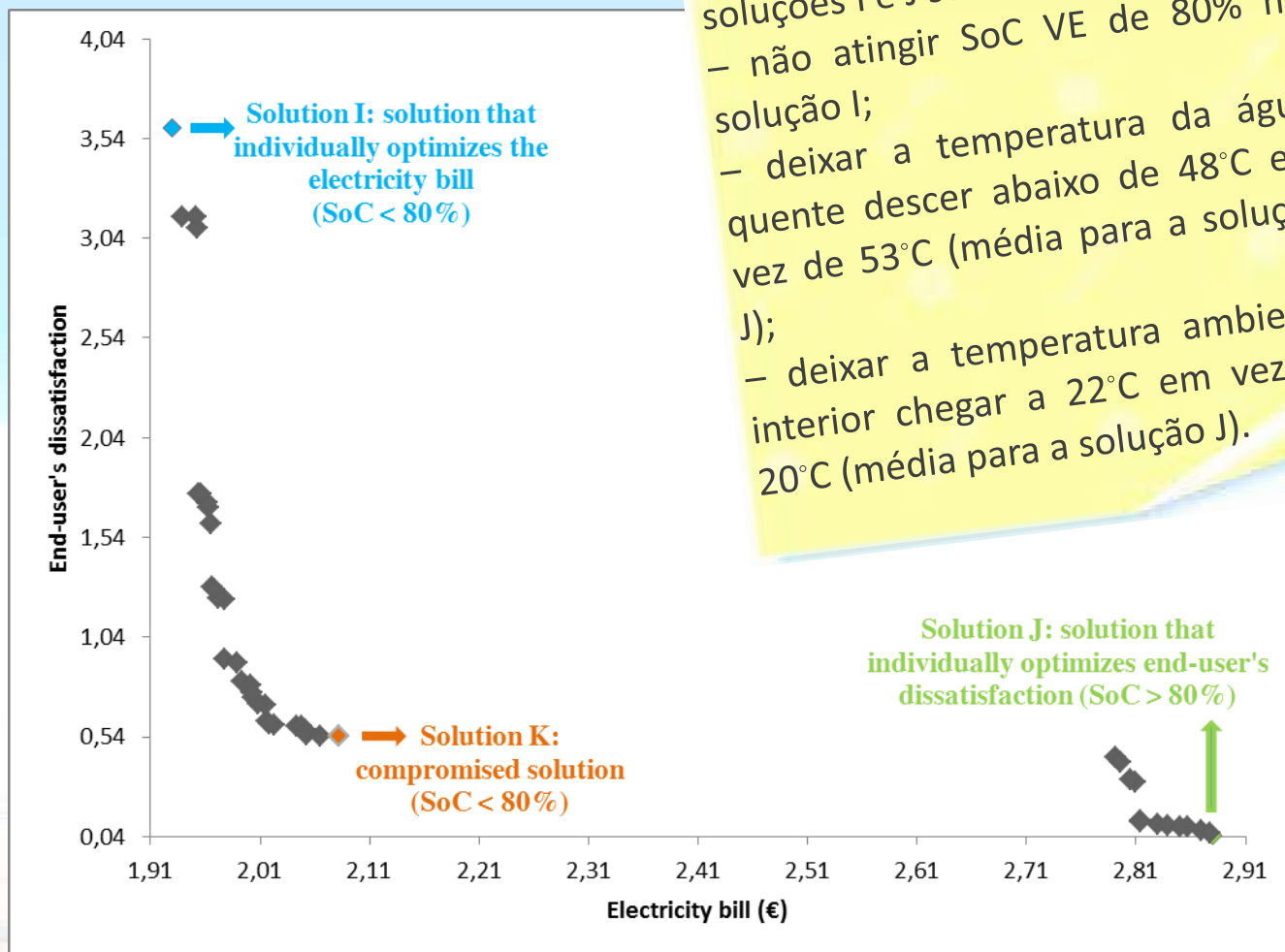
$$\begin{cases} r_b = 0, & \tau_{bt} \leq Tref_{Hb} \\ r_b = R, & \tau_{bt} > Tref_{Hb} \end{cases} \quad \begin{matrix} t = 1, \dots, T \end{matrix} \quad \text{Eq. 13}$$

For b=electric water heater:

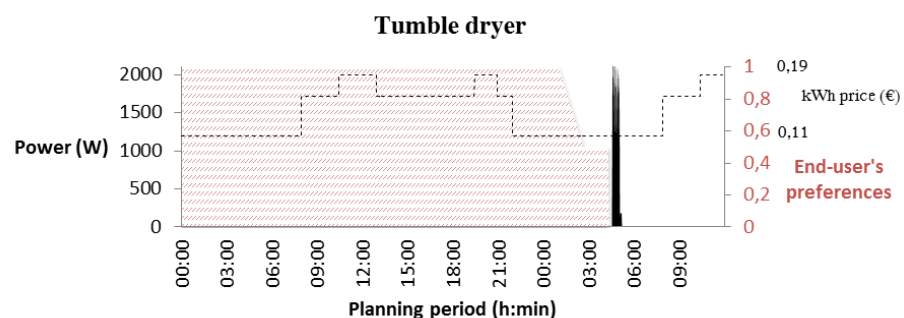
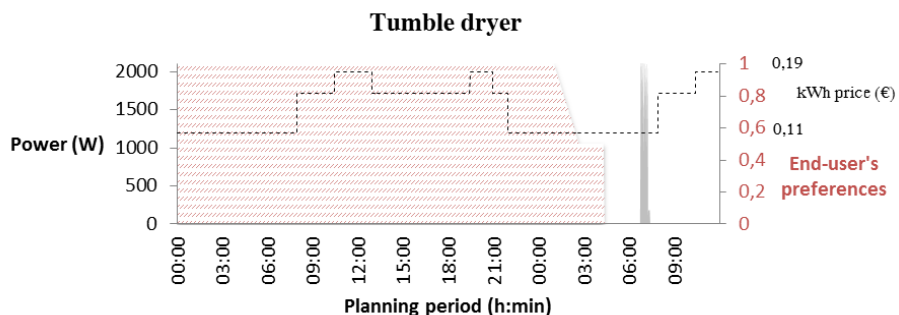
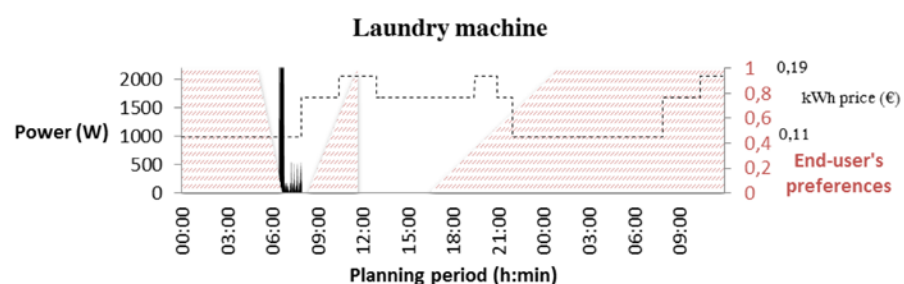
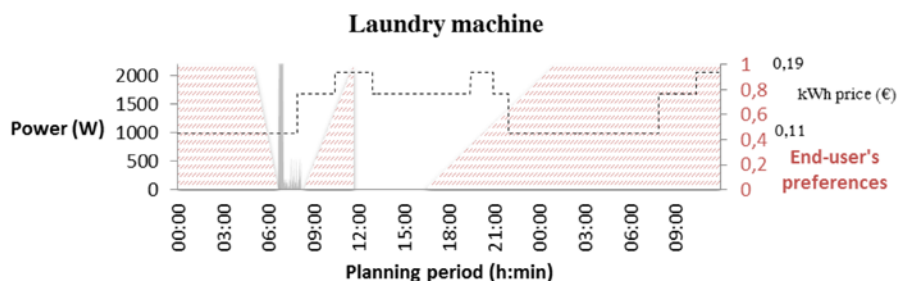
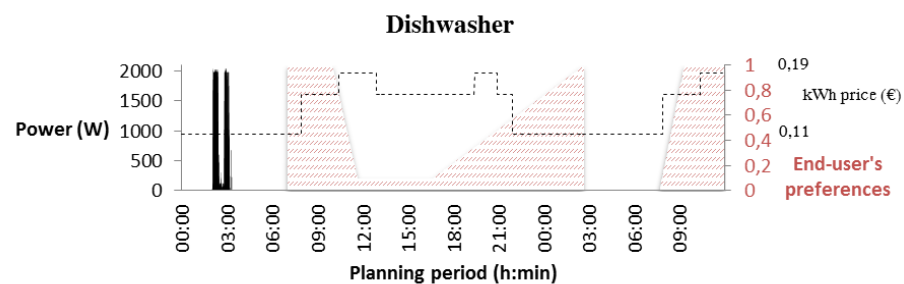
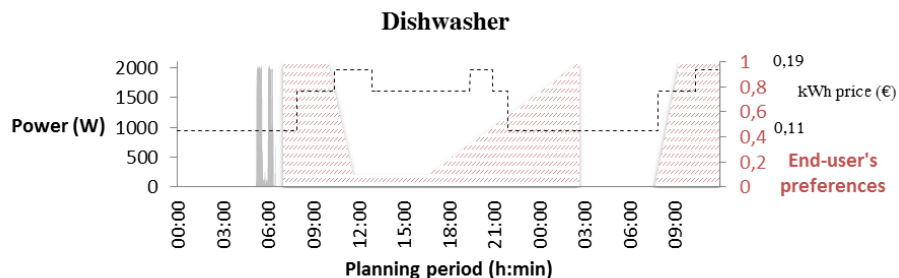
$$\begin{cases} p_{bt} = P_b, & \tau_{bt} > \tau_{b(t-1)} \\ p_{bt} = 0, & \tau_{bt} \leq \tau_{b(t-1)} \end{cases} \quad \begin{matrix} t = 1, \dots, T \end{matrix} \quad \text{Eq. 14}$$

$$\begin{cases} r_b = R, & \tau_{bt} < Tref_{Lb} \\ r_b = 0, & \tau_{bt} \geq Tref_{Lb} \end{cases} \quad \begin{matrix} t = 1, \dots, T \end{matrix} \quad \text{Eq. 15}$$

Resultados



Resultados



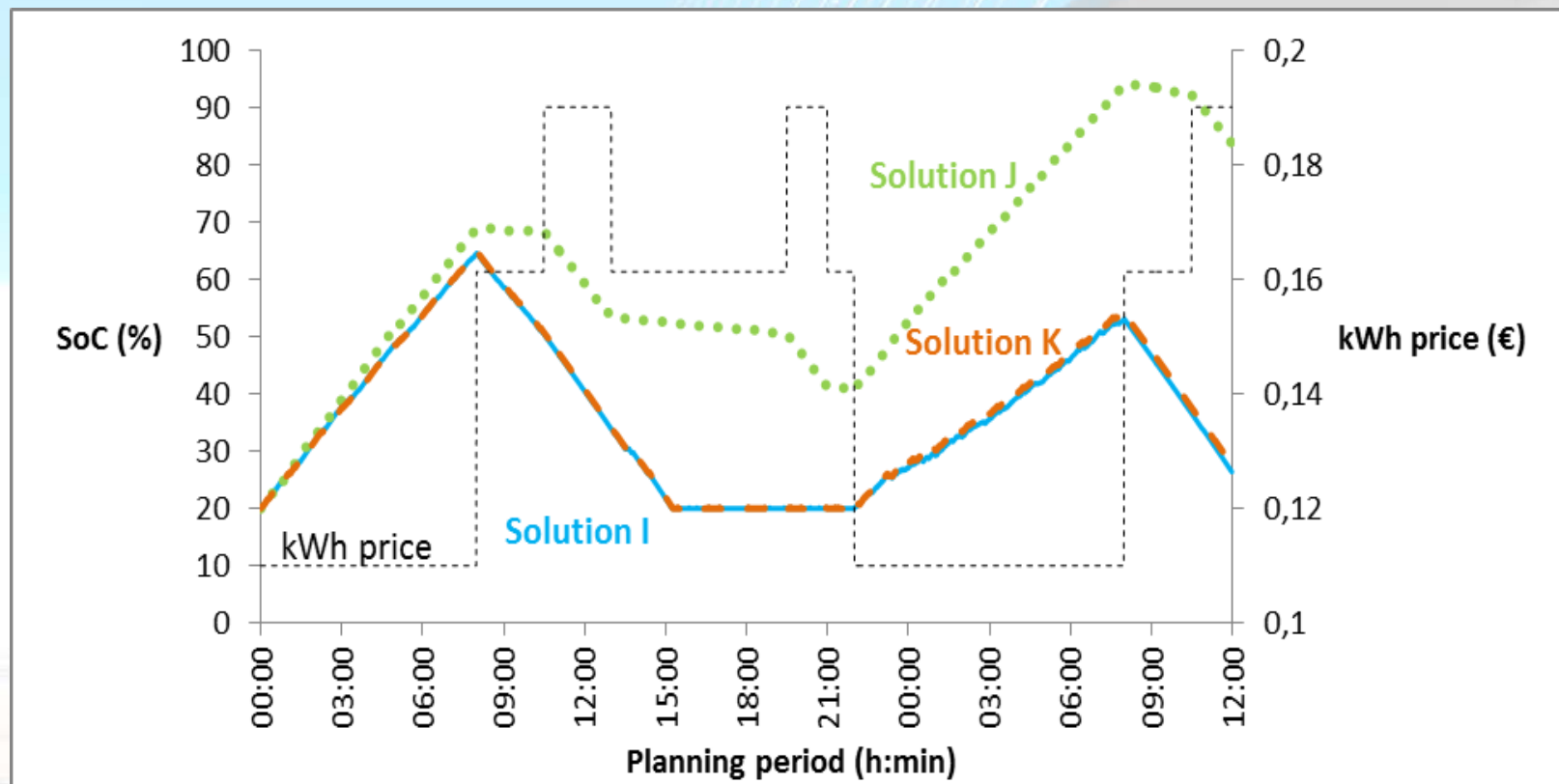
■ Solution J

■ Solution I

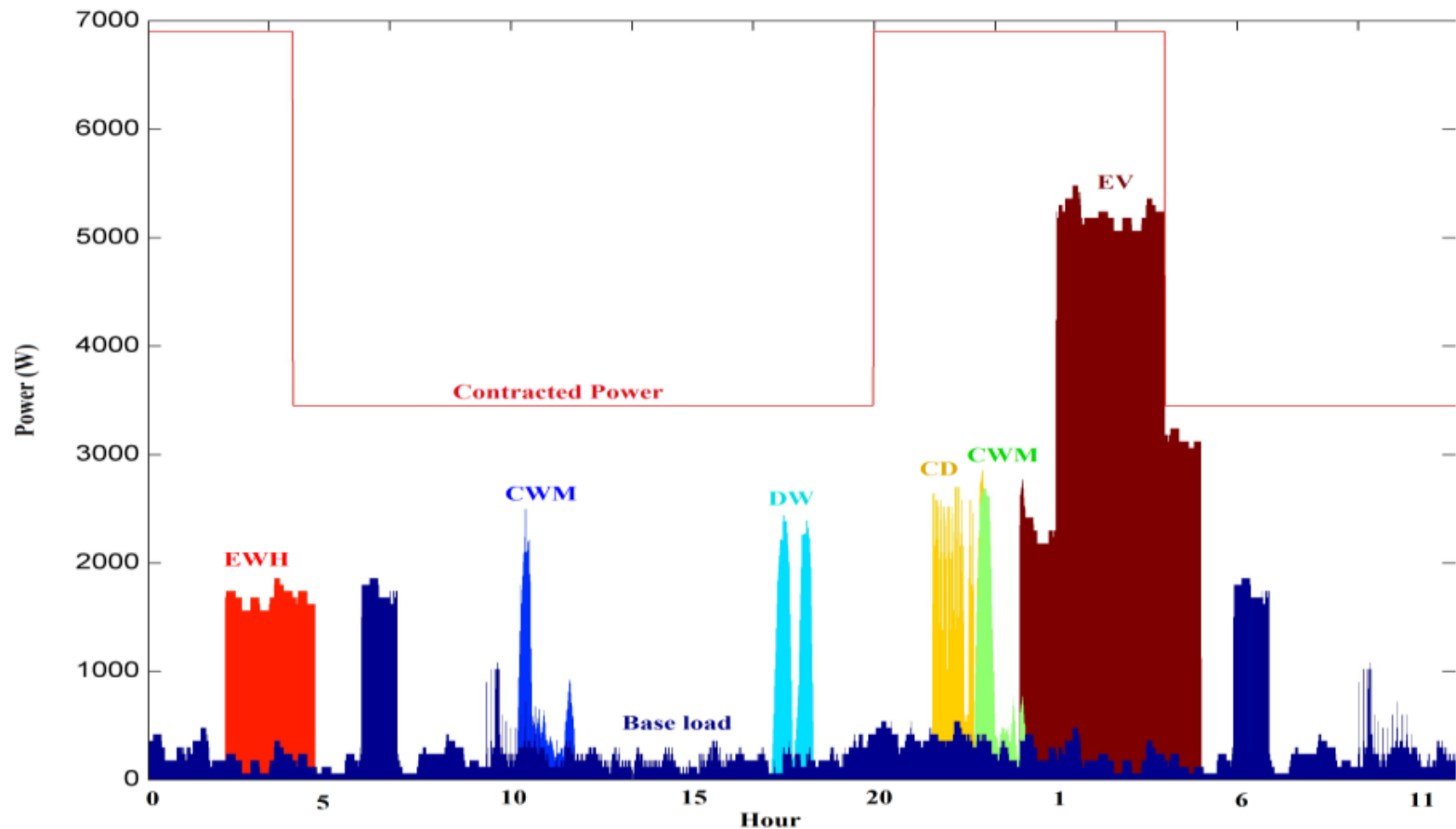


Resultados

- Variação do of SoC do VE nos modos V2G



Resultados



Conclusões

Metodologia capaz de ajudar os consumidores a otimizar a utilização dos recursos energéticos para reduzir a factura de electricidade garantindo níveis satisfatórios de conforto e de qualidade dos serviços de energia.

Modelo multi-objectivo:

- minimizar custos
- minimizar insatisfação devida às acções de controlo

Implementação numa plataforma de baixo custo



Behave 2016

4th European Conference on Behaviour and Energy Efficiency

8 - 9 September 2016
University of Coimbra, Portugal

www.inescc.pt/behave2016

Research on behaviours associated with energy use plays a fundamental role to achieve a more sustainable energy system, in face of challenges such as security of supply, climate change and evolution to the smart grids.

Behave 2016 aims to bring researchers and practitioners involved in end-use energy efficiency to share recent research, new technological developments and best practices on understanding and influencing behaviour related to energy efficiency.

Main Topics

- Promoting sustainable energy behaviours: instruments, interventions and evaluation of behaviour change
- Adoption and use of low carbon technologies
- Behavioural potential to facilitate the smart grid and demand response
- End-use energy efficiency in buildings and organisations
- Users behaviour in transport and mobility
- Behaviour integration into energy modelling
- Multidisciplinary approaches to energy behaviours
- Energy policies for promoting behaviour change

Other topics related to energy efficiency and behaviours are welcome. Contributions reporting real-world studies are particularly appreciated.