



Instituto Superior de Gestão

Redes Energéticas Inteligentes – Gestão eficiente da procura

Ana Cristina Ramos Mota

**Dissertação apresentada no Instituto Superior
de Gestão para obtenção do Grau de Mestre em Gestão.**

Orientador: Prof. Dr. Miguel Varela

**Lisboa
2013**

Resumo

A utilização eficiente dos recursos energéticos é uma preocupação crescente nos últimos tempos, nomeadamente devido à escassez de algumas fontes de energia, ao contexto económico atual e ao aumento do consumo energético.

O regime de interruptibilidade, usado em Portugal, é uma das formas de gestão eficiente da procura. Este regime só é possível aplicar com o auxílio das redes energéticas inteligentes para efeitos de corte das instalações e da própria gestão da disponibilidade.

No ano de 2012, ano que serviu como base na elaboração deste estudo, os consumidores que aderiram ao regime de interruptibilidade em detrimento da gestão própria de energia, beneficiaram de uma poupança mensal que pode chegar aos 1,25 M€ (aproximadamente 29 k€ por consumidor).

Palavras-chave: Energia, redes energéticas inteligentes, gestão eficiente da procura, poupança, regime de interruptibilidade.

Abstract

The efficient use of energy resources has been a concern growing recently, particularly due to the scarcity of some energy resources, the current economic environment and the increasing of energy consumption.

The interruptibility system, used in Portugal, is one of the efficient management of demand. This system can only be applied with the aid of smart grids.

In 2012, the basis year of this study, consumers who have joined the interruptibility system against own energy management, benefited a monthly savings that can reach to 1,25 M€ (approximately 29 k€ per consumer).

Key words: Energy, smart grids, efficient management of demand, savings, interruptibility system.

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Miguel Varela o meu agradecimento por toda a disponibilidade e orientação prestada, pelo apoio e compreensão que sempre manifestou. O meu sincero e profundo reconhecimento por tudo.

Aos meus pais por todos os sacrifícios que sempre fizeram e continuam a fazer por mim, por acreditarem neste projeto e por se mostrarem sempre disponíveis a ajudar, aconselhar, ouvir e apoiar.

À minha irmã e ao Rui por não me deixarem desistir, pela enorme paciência, por acreditarem sempre que eu era capaz.

A todos os meus amigos que, de uma forma ou de outra, me apoiaram ao longo desta jornada, em especial ao André, à Mónica e à Liliana.

Não posso esquecer o Ricardo Pacheco pela preciosa ajuda na recolha e tratamento de dados, pois sem esta informação o trabalho não seria possível.

**À minha irmã
Por ser aquilo que é na minha vida!**

Simbologia e Abreviaturas

AT – Alta tensão

BT – Baixa tensão

Db – Desconto base mensal

DSM – *Demand Side Management*

DTC – *Distribution Transformer Controller*

EB – *Energy Box*

EDP – Energia de Portugal

ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

GPE – Gestão própria de energia

MAT – Muito alta tensão

MIBEL – Mercado Ibérico de Eletricidade

ML – Mercado liberalizado

MR – Mercado regulado

MT – Média tensão

OMIE – Operador do mercado ibérico de energia, polo Espanhol

OMIP – Operador do mercado ibérico de energia, polo Português

PRE – Produção em regime especial

PRO – Produção em regime ordinário

REE – Rede Energética Espanhola

REN – Rede Elétrica Nacional

RNT – Rede Nacional de Transporte

SEE – Sistema de Energia Elétrica

SEN – Sistema Elétrico Nacional

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Metodologia	3
2. Energia e Potência	5
2.1. Energia elétrica	7
2.2. Sistema de Energia Elétrico (SEE).....	9
2.3. Sistema Energético Português	10
2.3.1. Produção.....	11
2.3.2. Transporte.....	13
2.3.3. Distribuição	15
2.3.4. Comercialização.....	17
2.3.4.1. Mercado liberalizado e regulado.....	17
2.3.4.2. Consumo de eletricidade	20
2.3.4.3. Tarifas de eletricidade	21
3. Redes Energética Inteligentes	23
3.1. O que são e como surgiram	23
3.2. Porque precisamos das redes inteligentes?	26
3.3. Tecnologia envolvida	27
3.4. Redes de energia inteligentes em Portugal	28
3.4.1. Arquitetura.....	29
3.4.2. Energy Box.....	30
3.4.3. Distribution Transformer Controller	31
3.4.4. Comunicações	31
3.5. Problemas na implementação	31
3.6. Estado de Arte	32
4. Mercado de energia elétrica	33
4.1. Operadores dos mercados de energia elétrica.....	34
4.1.1. Mercado diário	35
4.1.2. Mercado intradiário.....	37
4.1.3. Mercado a prazo	38
4.1.4. Mercado bilateral.....	38
4.2. A procura de energia elétrica	39
4.3. Condicionamento da procura	39
4.3.1. Principais benefícios e desafios	41
4.4. Serviço de interruptibilidade	43
5. Estudo empírico.....	47

5.1 Metodologia	47
5.2 Resultados obtidos	52
5.3 Resultados obtidos	56
5.4 Validação dos dados.....	56
6. Conclusões.....	59
7. Bibliografia.....	61

Índice de Figuras

Fig. 1 – Sistema de energia elétrico atual.	9
Fig. 2 – Centros de produção de energia elétrica em Portugal.....	12
Fig. 3 – Rede Nacional de Transporte de Eletricidade de 2012.	14
Fig. 4 – Sistema de energia elétrica de uma rede inteligente.	24
Fig. 5 – Arquitetura técnica de referência do projeto InovGrid.....	29
Fig. 6 – A <i>Energy Box</i> como o dispositivo central da gestão do consumo energético.	30
Fig. 7 – Projetos de Redes Inteligentes na Europa.	32

Índice de Gráficos

Gráf. 1 – Fontes de energia utilizada na produção de energia elétrica.....	6
Gráf. 2 – Produção de eletricidade em regime ordinário.	12
Gráf. 3 – Evolução da produção de energia elétrica em Portugal.	13
Gráf. 4 – Comprimento de linhas e potências de transformação da RNT.....	15
Gráf. 5 – Número de clientes de energia elétrica em Portugal Continental.	18
Gráf. 6 – Número de clientes no mercado liberalizado em Portugal Continental.	19
Gráf. 7 – Peso do mercado liberalizado em Portugal Continental.	19
Gráf. 8 – Consumo internacional de eletricidade per capita.	20
Gráf. 9 – Evolução do preço médio da eletricidade em Portugal Continental.	21
Gráf. 10 – Determinação do preço de mercado.	36
Gráf. 11 – Mecanismo do <i>market splitting</i>	37

Índice de Quadros

Quadro 1 – Potência instalada Portugal.....	11
Quadro 2 – Comparação entre as redes energéticas atuais e as de futuro.....	25
Quadro 3 – Curva de venda casada: preço de venda e quantidade agregada para o dia 01.01.2012, horas 1 e 2.....	48
Quadro 4 – Quantidade total de energia e preço máximo de venda para o dia 01.01.2012, horas 1 e 2.....	49
Quadro 5 – Exemplificação da determinação da quantidade de energia importada e exportada, para os dias 01 e 04.01.2012, horas 1, 2, 3, 4 e 8, 9 e 10, respetivamente.....	49
Quadro 6 – Exemplificação da determinação da quantidade acumulada de energia, para os dias 01.01.2012, horas 1 e 2.....	50
Quadro 7 – Resultados do regime de interruptibilidade em 2012: número de clientes e potência Interruptível.	51
Quadro 8 – Resultados do cálculo do custo de oportunidade para as modalidades a e b, para o dia 01.01.2012, horas 1, 2, 3, 4 e 5.....	52
Quadro 9 – Resultados obtidos do desconto base mensal e da gestão própria de consumo.	55
Quadro 10 – Resultados médios obtidos do desconto base mensal e da gestão própria de consumo.....	55

Índice de Anexos

Anexo I – Guião de entrevista

1. Introdução

No âmbito do Mestrado em Gestão do Instituto Superior de Gestão do Grupo Lusófona e com o intuito da obtenção do Grau de Mestre, propus-me à realização de uma dissertação subordinada ao tema “Redes Energéticas Inteligentes – Gestão eficiente da procura”.

A escolha deste tema prende-se com o facto do Sistema de Energia Elétrica (SEE) ser um dos mais complexos empreendimentos jamais concebidos por cientistas e engenheiros e pelo facto de estar atualmente num processo de reestruturação. Numa altura em que há uma elevada dinâmica demográfica (o que leva ao aumento do consumo), em que os recursos são cada vez mais escassos e as preocupações ambientais são maiores, está na ordem do dia e na agenda de todos os países, especialmente os desenvolvidos, aprofundar a investigação e a gestão dos recursos energéticos.

As Redes Energéticas Inteligentes (*Smart Grids*) são vistas como o futuro do abastecimento energético. Trata-se de um sistema que canaliza e redistribui continuamente a energia proveniente da microgeração doméstica, da microgeração industrial, parques eólicos, entre outros. Quando existe muita energia em rede, nos períodos de menor procura, pode-se aproveitar ou armazenar em baterias sendo posteriormente descarregada. Com isto, é possível uma gestão mais eficiente da procura, possibilitando a produção de energia armazenada nas horas de maior procura. (Voute, 2009)

Hoje em dia estamos tão avançados tecnologicamente, que podemos aplicar esta capacidade numa mais eficaz e eficiente utilização das redes energéticas.

Cada vez mais, o consumidor pretende tomar decisões com vista à otimização do seu consumo elétrico, ou seja, com maior consciencialização e informação. O consumidor assume um papel mais ativo – *empowerment* do consumidor.

As Redes Energéticas Inteligentes assentam no uso eficiente da energia suportada na gestão da procura, na aposta de energias renováveis e na microprodução, reforçando o papel do consumidor/produtor.

O Mundo está sedento de energia. As Nações Unidas estimam que a população mundial atinja os 9,2 mil milhões de pessoas em 2050, contra os atuais 6,7 mil milhões. Um crescimento substancial. São mais 2,5 mil milhões de pessoas. Isto significa que a população mundial vai crescer tanto em 50 anos como nos últimos milhares de anos. Em 1950, existiam apenas 2,5 mil milhões de habitantes na Terra.

Mais 2,5 mil milhões de pessoas implica mais alimentos, mais água, mais cidades, mais transportes, mais comunicações. Em suma, mais energia. (UNFPA, 2011)

Poupar energia, ser mais eficiente na forma como consumimos este bem básico, ajudará a responder ao aumento da procura. Mas não basta. É preciso produzir mais. Como fazê-lo sem agravar o aquecimento do Planeta, com as alterações climáticas associadas, sem contribuir para a perda de biodiversidade e para os desequilíbrios geopolíticos e socioeconómicos? Como crescer sem comprometer a vida na Terra?

O desafio exige uma revolução no sector energético. O Mundo começa a tomar consciência da urgência do desafio e dos riscos da inação.

Assim, tendo em conta a importância do tema no contexto económico e social, os principais objetivos deste estudo empírico são:

- Determinar a gestão própria de energia vs regime de interruptibilidade;
- Determinar a poupança para os consumidores que optem pelo regime de interruptibilidade.

Para atingir estes objetivos delineou-se um estudo empírico, que inclui todos os elementos que estruturam e limitam um caminho, permitindo a posterior conceção de um projeto capaz de reunir todas as informações adequadas para testar as hipóteses pré-definidas. (Carmo & Ferreira, 1998).

Esta dissertação está organizada da seguinte forma: os quatro primeiros pontos englobam o enquadramento teórico que resulta de uma intensa pesquisa bibliográfica, recorrendo a fontes secundárias, como livros, artigos e internet.

A revisão da literatura permitiu a devida contextualização acerca do mercado energético e do seu funcionamento. De acordo com Freixo (2010), “a teoria serve como sistema de concetualização e de classificação dos factos”. Não é mais do que uma orientação para restringir a amplitude dos factos a serem estudados, “pois numa determinada área, é infindável a quantidade de dados que podem ser estudados”. Uma investigação tem “como função alargar a perspetiva de análise, travar conhecimento com o pensamento de autores cujas investigações e reflexões podem inspirar as do investigador, revelar facetas do

problema nas quais não teria certamente pensado por si próprio e, por fim, optar por uma problemática apropriada (Quivy & Campenhoudt, 2005).

Esta dissertação é constituída pela revisão da literatura e pelos resultados e sua análise. O primeiro ponto é a introdução da dissertação, onde são descritos os objetivos e a metodologia utilizada.

No segundo ponto abordaram-se os principais aspetos e conceitos da energia elétrica, nomeadamente o que é a energia elétrica, o sistema de energia elétrica e o sistema energético português.

Uma breve descrição das redes energéticas inteligentes pode ser encontrada no ponto 3 - Redes Energéticas Inteligentes.

No quarto ponto podemos encontrar uma breve visão do mercado de eletricidade. Este começa com a descrição dos mercados de eletricidade e termina com a sua forma de funcionamento.

No quinto ponto podemos encontrar a apresentação dos dados, a sua análise e a validação dos mesmos através de uma entrevista ao Eng.º Ricardo Pacheco, da Direção de Mercados e Consumidores da Entidade Reguladora do Setor Energético.

Finalmente, as conclusões são apresentadas no ponto seis.

1.1. Metodologia

Neste ponto é apresentada a metodologia utilizada nesta dissertação, bem como o tipo de estudo que foi desenvolvido, de modo a alcançar os objetivos propostos e descritos na introdução.

Nesta dissertação as séries históricas consideradas são dados reais (quer a nível de consumo, quer a nível de preço) correspondentes ao ano de 2012 e foram recolhidos no *site* do Operador do Mercado Ibérico de Energia (OMIE). Foram considerados os valores das curvas agregadas casadas da oferta (compra) e da procura (venda) e do mercado diário (mercado integrado e mercado Português).

Foi considerado o mercado diário, uma vez que a maioria (80 – 90 %) da liquidez da energia transacionada é feita no mercado diário. Foram apenas consideradas as curvas integradas e de Portugal, uma vez que a curva referente a Espanha foi desprezada. Tal facto deve-se ao fenómeno de separação de mercados ou *market splitting*, explicado no ponto quatro.

Com os dados recolhidos determinou-se para cada dia e para cada hora o preço máximo paga pela energia, assim como a quantidade total. Através das curvas de venda e de compra casada, verificou-se se havia importação (necessidade de energia) ou exportação (excedente de energia). Os valores de exportação (há excesso de energia) foram desprezados uma vez que esses valores não entram para o cálculo do custo de oportunidade e do regime de interruptibilidade (explicação no ponto quatro).

As hipóteses constituem a melhor forma de conduzir, com ordem e rigor, uma dada investigação, sendo consideradas os seus eixos centrais (Quivy & Campenhoudt, 1998). Os mesmos autores referem que as hipóteses fornecem à investigação um fio condutor eficaz, fornecendo “o critério para seleccionar, de entre a infinidade de dados que um investigador pode recolher sobre determinado assunto, os dados pertinentes”.

Segundo Deshaies (1992), a hipótese preenche um dos papéis principais na resolução da problemática, já que é a partir do problema, previamente definido, que o investigador “é levado a encontrar soluções possíveis ou prováveis mas verificáveis”. Sem a definição da hipótese nenhuma investigação faz sentido. Estas serão confirmadas ou refutadas com o desenvolvimento da pesquisa, devendo ser verificáveis, contendo variáveis observadas e que possam ser analisadas estatisticamente, a partir do problema previamente formulado (Carvalho, 2009).

Após a definição dos objetivos, foram definidas as seguintes hipóteses para a investigação:

Hipótese 1 – No regime de interruptibilidade o tipo 1, quer na modalidade a quer na modalidade b, é o regime onde o prémio pago tem um valor superior.

Hipótese 2 – O regime de interruptibilidade permite uma poupança superior ao regime de gestão próprio.

As hipóteses de estudo apresentadas serão testadas empiricamente face aos dados recolhidos e analisados.

2. Energia e Potência

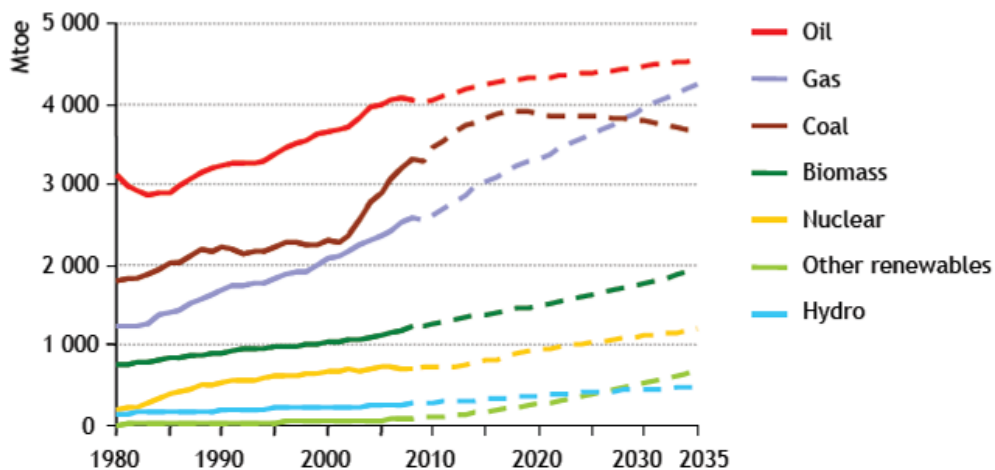
A energia faz acontecer coisas à nossa volta. É o que permite aos objetos mudarem de posição e de velocidade. É o que faz os carros andar e travar, as luzes acenderem, os radiadores aquecerem, os telemóveis funcionarem e, é também, fundamental para podermos pensar ou movermo-nos. É a energia que permite realizar trabalho. (Vidigal, 2012)

Apesar de serem dois conceitos interligados, é importante distinguir potência de energia. A potência é a capacidade de produzir energia num determinado espaço de tempo. Um SEE fornece energia aos consumidores que a utilizam, assegurando o nível de potência que estes requerem para alimentar um conjunto de equipamentos ligados.

A energia é um recurso imprescindível para que possa existir vida no nosso planeta, e que se manifesta através de várias formas, nomeadamente energia térmica (manifesta-se sempre que existe uma diferença de temperatura entre dois corpos), energia elétrica (manifesta-se quando há fluxo elétrico, ou seja, quando há transferência de eletrões), energia química (é a energia presente nas ligações químicas entre os átomos), energia nuclear (é a energia libertada durante a fusão ou fissão do núcleo atómico), energia cinética (é a energia que um corpo adquire quando está em movimento) e energia potencial (é a energia que está armazenada num corpo ou sistema e que pode ser utilizada a qualquer momento para realizar trabalho, ou seja, é a energia que está pronta para ser transformada noutras formas de energia). (Paiva, 2011)

Os tipos de energia classificam-se em renováveis e não renováveis. As energias renováveis são todas aquelas formas de energia cuja taxa de utilização é inferior à sua taxa de renovação. O sol, o vento, os cursos de água, o mar, os produtos florestais, os resíduos agrícolas e urbanos e o interior da terra são fontes de energia renováveis. As energias não renováveis são os recursos naturais que, quando utilizados, não podem ser repostos pela ação humana ou pela natureza, ou seja, são finitos e esgotam-se. Os combustíveis fósseis, como o carvão, petróleo ou gás natural e os combustíveis nucleares, são fontes de energia não renováveis. (Paiva, 2011)

Atualmente, a nível mundial as principais fontes de produção de energia, são energias não renováveis, nomeadamente o carvão, petróleo e gás natural.



Gráf. 1 – Fontes de energia utilizada na produção de energia elétrica.

Fonte: International Energy Agency (World Energy Outlook 2010)

De acordo com a Agência Internacional de Energia (da qual Portugal faz parte), a produção de energia elétrica era 12 300 Mtoe em 2008 (que equivale a 143 049 TWh) e em 2035 estima-se que seja de 16 800 Mtoe (195 384 TWh), o que equivale a um aumento de aproximadamente 36 %.

Em 2008, a produção de energia elétrica com recurso às energias não renováveis representa cerca de 81 %, projetando-se uma diminuição para 74 % em 2035.

Observa-se uma redução de, aproximadamente 6 %, no consumo de carvão, não se prevendo alteração no consumo de energia nuclear. As fontes renováveis verão a sua contribuição crescer substancialmente.

As principais fontes de energia utilizadas para a produção de eletricidade são:

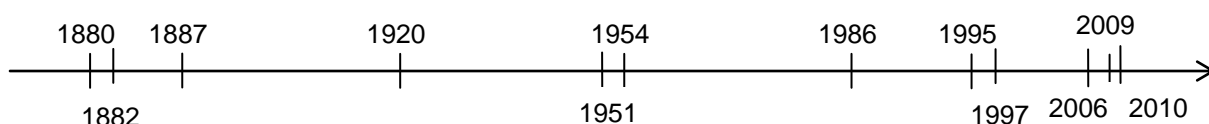
- Eólica – o movimento dos ventos é captado por hélices ligadas a uma turbina que aciona um gerador, levando à produção de energia elétrica;
- Solar – provém da luz do sol que depois de captada por células fotovoltaicas ou por coletores solares térmicos, é transformada em energia elétrica ou térmica;
- Geotérmica – provém do aproveitamento do calor gerado no interior da Terra, permitindo gerar eletricidade e calor;
- Biomassa – trata-se do aproveitamento energético da floresta e dos seus resíduos, bem como dos resíduos da agropecuária, da indústria alimentar ou dos resultantes do tratamento de efluentes domésticos e industriais. A partir da biomassa pode produzir-se biogás e biodiesel;

- Hídrica – é obtida a partir do curso de água (rios, barragens) e pode ser aproveitada por meio de um desnível ou queda de água;
- Marés – é produzida através do movimento de subida e descida do nível da água do mar;
- Onda – consiste no movimento ondulatório das massas da água, por efeito do vento, pode aproveitar-se para produção de energia elétrica.
- Carvão – é um combustível fóssil extraído de explorações minerais e foi o primeiro a ser utilizado em larga escala;
- Petróleo – constituído por uma mistura de compostos orgânicos, é sobretudo utilizado nos transportes;
- Gás natural – é utilizado como combustível, tanto na indústria, como nas nossas casas;
- Energia nuclear – é utilizada na indústria de defesa e civil. Tem um poder calorífico superior a qualquer outra fonte de energia fóssil. (EDP, 2012)

2.1. Energia elétrica

A energia elétrica é uma forma de energia baseada na geração de diferenças de potencial elétrico entre dois pontos, que permitem estabelecer uma corrente elétrica entre ambos.

A evolução da produção de eletricidade apresenta alguns marcos importantes que tiveram impacto na sua evolução. A figura seguinte apresenta alguns desses marcos:



A história da energia elétrica é indissociável de um nome: Thomas Edison, responsável pela invenção da lâmpada incandescente, decorria o ano de 1880. Foi também neste ano que nos Estados Unidos da América, a eletricidade foi transportada e distribuída em corrente contínua e se formaram companhias elétricas no sentido de competirem pelo fornecimento de eletricidade, maioritariamente a empresas.

Em 1882 foi inaugurada a primeira central elétrica em Pearl Street, Nova Iorque, alimentando uma rede de iluminação pública com mais de 400 lâmpadas de 83 W cada, dentro de uma área com 1,5 km de raio.

Foi na década de 80 que por Ferranti surgiu a invenção do transformador, permitindo variar facilmente a tensão para níveis adequados ao transporte, distribuição e utilização de energia. A invenção do motor de indução por Tesla também surge nesta década.

No século XX, iniciou-se a construção da rede de transporte em alta e, posteriormente muito alta tensão, ligando todos os centros produtores. Esta rede permitiu o aproveitamento de recursos energéticos distantes, tendo a potência das centrais sido continuamente aumentada.

A Segunda Guerra Mundial provocou uma destruição alargada dos sistemas elétricos na Europa. Dado o carácter estratégico e a natureza do serviço público do abastecimento de energia elétrica, em muitos países europeus a tendência no pós-guerra foi a de construir empresas verticalmente integradas, assegurando a produção, o transporte e em muitos casos, a distribuição.

Em 1951, iniciou-se a Rede Nacional de Transporte com a entrada em exploração dos primeiros grupos geradores das centrais de Castelo de Bode e de Vila Nova e das linhas a 150 kV Zêzere – Sacavém, Vila Nova – Ermesinde e Ermesinde – Zêzere.

Em 1954, em Obininsk, antiga União Soviética, foi inaugurada a primeira central nuclear com capacidade de operação de 6 MW, o suficiente para alimentar 20 000 casas.

Em 26 de Abril de 1986 explode um reator da central de Chernobyl que libertou uma imensa nuvem radioativa, contaminando pessoas, animais e o meio ambiente.

O conceito de *Smart Grid*, surgiu em meados dos anos 90, a partir de conceitos de arquiteturas de redes inteligentes (*IntelliGRid*), desenvolvidos com a concessionária de energia americana *Southern California Edison*, contudo, isto só tomou impulso (e denominado de *Smart Grid*) há cinco anos atrás.

Em 1997, é celebrado no Japão o protocolo de Quioto, que propõe um calendário para os países membros, principalmente os mais desenvolvidos, para a redução da emissão de gases do efeito estufa em, pelo menos, 5,2 % em relação aos níveis de 1990, no período entre 2008 e 2012.

Desde 4 de Setembro de 2006 todos os consumidores de Portugal Continental podem escolher o seu fornecedor de eletricidade.

Na Dinamarca, em 2009, é celebrado um acordo na cimeira de Copenhaga, que reconhecia que as alterações climáticas são um dos maiores desafios a nível global da atualidade, sendo necessário tomar ações que impeçam o aumento da temperatura do planeta em mais de 2º C.

Em 2010 é lançado em Évora o primeiro piloto do projeto *Inovgrid*, com a instalação de mais de 30 000 contadores de eletricidade inteligente que permitem comunicações nos dois sentidos, e em tempo real, entre clientes e a rede. (Paiva, 2011)

2.2. Sistema de Energia Elétrico (SEE)

A energia elétrica produzida nas centrais geradoras, segue um longo caminho até chegar ao seu consumidor final.

O SEE pode ser dividido em quatro etapas: produção, transporte, distribuição e consumo, como está representado na Figura 1.

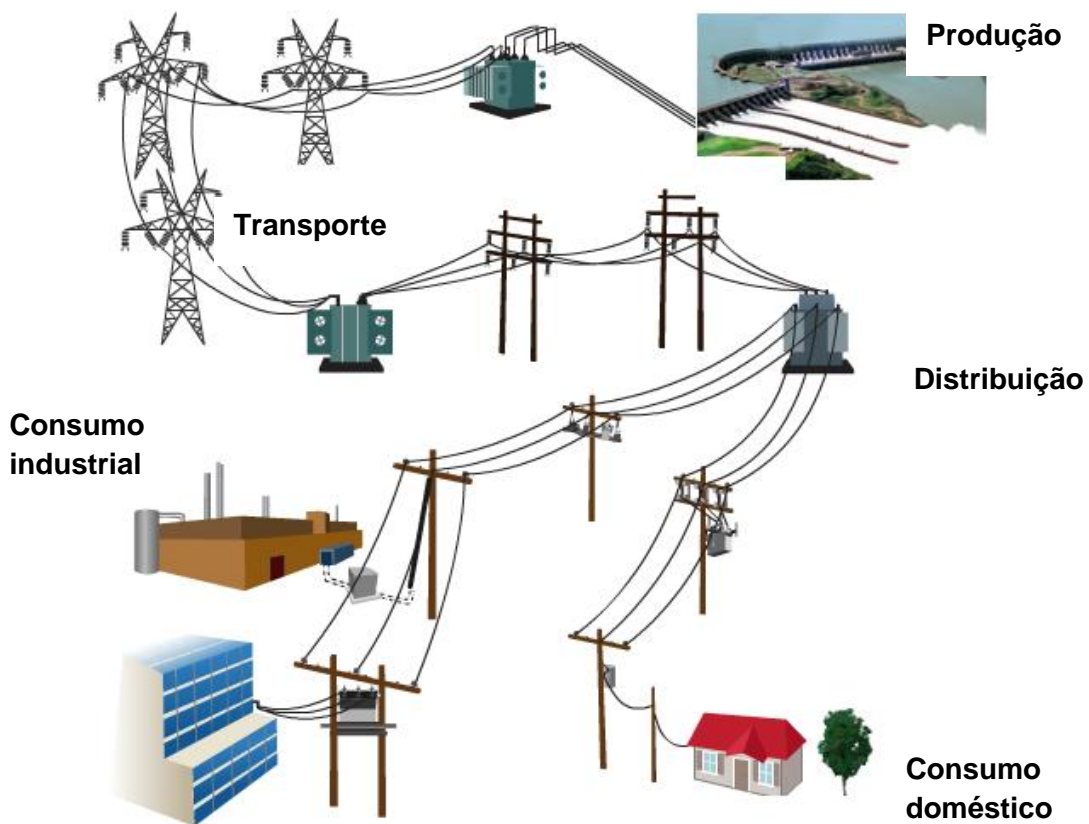


Fig. 1 – Sistema de energia elétrica atual.

Fonte: <http://www.redeinteligente.com/2009/08/11/rede-inteligente-por-que-como-quem-quando-onde/>

A primeira etapa do SEE é a produção. A produção de energia elétrica faz-se normalmente longe das zonas urbanas, quer por restrições urbanísticas e ecológicas, quer por causa da localização dos próprios recursos (rios, mar, sol, carvão). As centrais de produção de energia mundiais baseiam-se essencialmente no carvão e gás natural, embora com tendência a decrescer no curto prazo, devido à aposta na energia nuclear e petróleo.

Depois de produzida, é necessário fazer o transporte da eletricidade em muito alta tensão (MAT) aos centros de consumo. Assim, a rede de transporte assegura o transporte entre as centrais de produção e as redes de distribuição, com qualidade, perdas reduzidas e elevada rentabilidade. Este transporte é feito em MAT já que reduz os custos e as dificuldades técnicas.

A função da rede de distribuição é levar a energia até aos consumidores finais (domésticos, empresariais ou industriais). As redes de distribuição utilizam três níveis de tensão: alta tensão (AT) que fornece energia às subestações, média tensão (MT) que alimenta os postos de transformação e baixa tensão (BT), à qual estão ligados diretamente os aparelhos.

As empresas que comercializam a eletricidade gerem as relações com os consumidores finais, particulares ou empresas, incluindo a faturação e o serviço ao cliente.

2.3. Sistema Energético Português

A eletricidade é produzida com recurso a diversas tecnologias e a diferentes fontes primárias de energia (carvão, gás, fuel, gasóleo, água, vento, biomassa, entre outros). Em Portugal, os principais produtores são a EDP Produção, a Turbogás e a Tejo Energia.

A Rede Elétrica Nacional (REN) opera a RNT que liga os produtores aos centros de consumo, assegurando o equilíbrio entre a procura e a oferta. No âmbito do respetivo contrato de concessão, a REN é a única entidade de transporte de eletricidade em Portugal Continental.

Os pontos de entrega da RNT permitem alimentar a rede de distribuição a partir da qual são abastecidos os consumos da maioria dos consumidores finais. A EDP Distribuição é atualmente a entidade concessionária da rede nacional de distribuição em alta, média e baixa tensão, em Portugal Continental, cobrindo 99 % dos consumidores (cerca de 1 % está concessionada às cooperativas que são distribuidoras locais de energia elétrica).

2.3.1. Produção

Em Portugal, na década de 70 grande parte da energia elétrica provinha de um recurso renovável – a energia hídrica. Atualmente, devido à conjuntura económica e às condições de hidraulicidades favoráveis, a produção de energia é de origem predominantemente renovável.

Potência Instalada no Final do Ano [MW]	2012	2011
Potência PRO	11 935	12 387
Centrais Hidroelétricas	5 239	4 980
Centrais Térmicas	6 697	7 407
Carvão	1 756	1 756
Fuel / Gás Natural	946	1 657
Gasóleo	165	165
Gás Natural	3 829	3 829
Potência PRE	6 611	6 507
Hidráulica	417	412
Térmica	1 779	1 860
Eólica	4 194	4 080
Solar	220	155

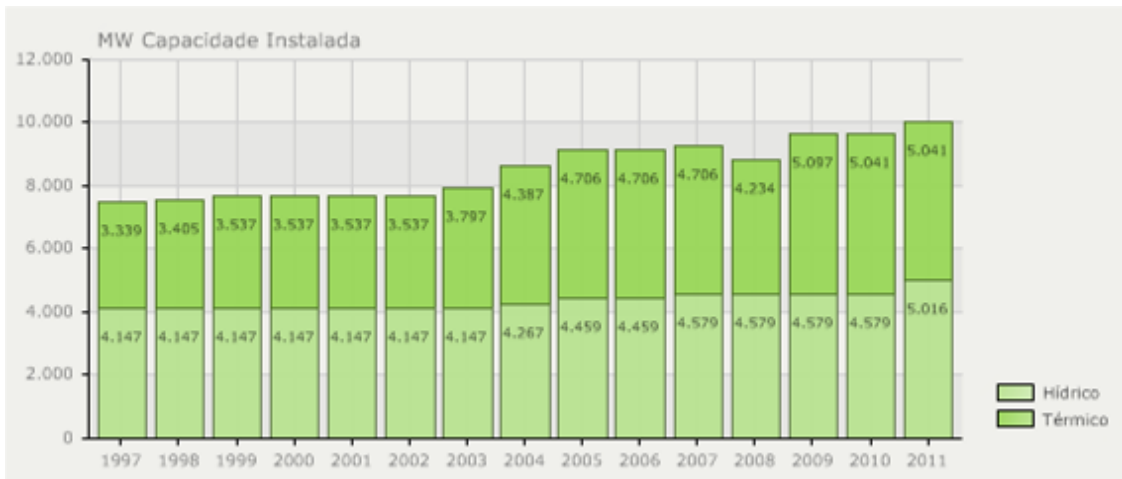
Quadro 1 – Potência instalada Portugal.

Fonte:

<http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/publicacoes/CaracterizacaoRNT/CaracterizacaoRNT%2020121231.pdf>

A produção de eletricidade está aberta à concorrência e é dividida em dois regimes: produção em regime ordinário e produção em regime especial.

A produção em regime ordinário (PRO) corresponde à produção de eletricidade com base em fontes tradicionais não renováveis (centrais térmicas a carvão e centros de ciclo combinado a gás natural) e com grandes centros electroprodutores hídricos. (REN, 2013)



Gráf. 2 – Produção de eletricidade em regime ordinário.

Fonte: <http://www.edp.pt/pt/aedp/unidadesdenegocio/producaodeelectricidade/Pages/ProdRegConvPT.aspx>

Os centros de produção estão, maioritariamente, localizados no norte de Portugal. A energia elétrica produzida provém de 72 centrais hidroelétricas, 24 centrais termoelétricas e 35 parques eólicos. (EDP, 2013)

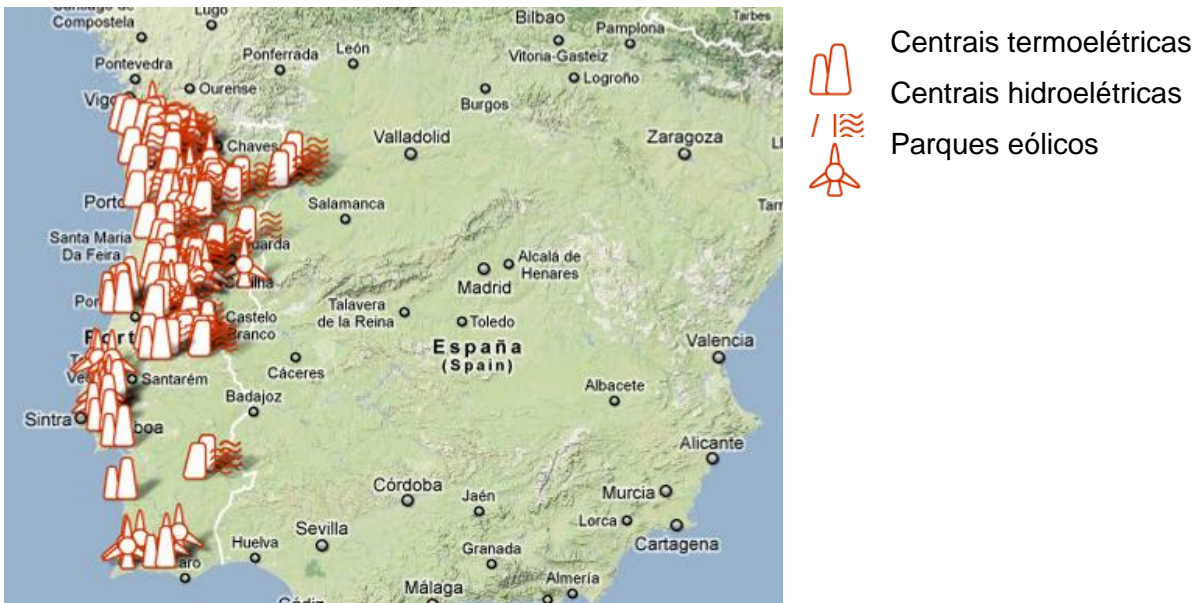


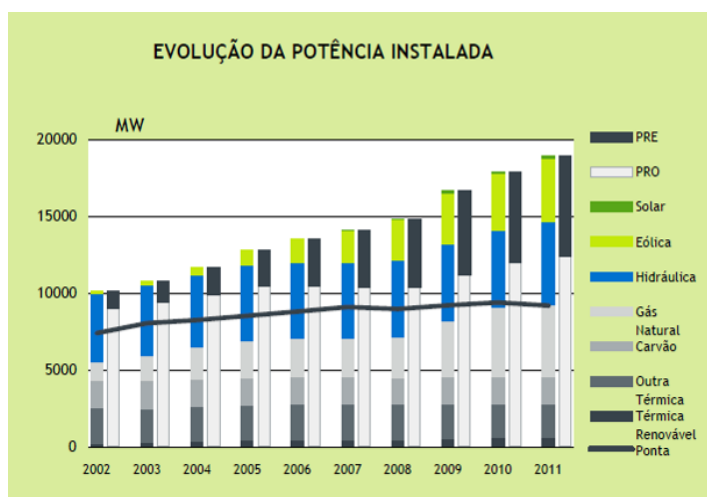
Fig. 2 – Centros de produção de energia elétrica em Portugal.

Fonte: http://www.a-nossa-energia.edp.pt/centros_produtores/mapa_centrosProdutores.php

A produção em regime especial (PRE) corresponde à produção de eletricidade a partir de fontes renováveis (exceto grandes centrais hidroelétricas) e cogeração. Este tipo de produção está sujeito a diferentes requisitos de licenciamento e beneficia de tarifas especiais, as chamadas *feed in tariff*, que não são mais do que políticas económicas de incentivo à utilização de energias renováveis. (EREC, 2014)

A PRE (excluindo eólicas) em Portugal é levada a cabo pela EDP Produção. Esta inclui as operações de produção elétrica através de mini-hídricas, cogeração e biomassa. Em dezembro de 2009, a EDP contava com uma capacidade instalada em regime especial de 200 MW dos quais 52 % em mini-hídricas, 37 % em cogeração e 11 % em biomassa.

Como se pode verificar pelo gráfico 4, a PRE tem vindo a aumentar, sendo de 1 000 MW em 2002 e de 7 500 MW em 2011. Na produção em regime ordinário, a potência instalada em 2002 era 9 000 MW e em 2011 era de 12 500 MW.



Gráf. 3 – Evolução da produção de energia elétrica em Portugal.

Fonte:

<http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/InformacaoTecnica/DadosTecnicos/REN%20Dados%20T%C3%A9cnicos%202011.pdf>

2.3.2. Transporte

Entende-se por transporte de eletricidade, a transferência de energia elétrica a MAT, das centrais para subestações localizadas junto de zonas populacionais. A rede de transporte é constituída por linhas aéreas, nos níveis de tensão de 400 kV, 220 kV e 150 kV, englobando ainda troços em cabo subterrâneo, explorados a 220 kV e 150 kV. Os troços subterrâneos têm um custo superior e limitações ao nível da manutenção, pelo que são tipicamente usados apenas em zonas urbanas.

A concessão da exploração da RNT foi atribuída à REN pelo Estado Português, em regime de serviço público e de exclusividade. A concessão inclui o planeamento, a construção, a operação e a manutenção da RNT, abrangendo ainda o planeamento e a gestão técnica global do Sistema Elétrico Nacional (SEN) de forma a assegurar o funcionamento integrado

e harmonizado das infraestruturas que o integram, bem como a continuidade e a segurança do abastecimento de eletricidade. (ERSE, 2013)

Como se pode ver pela figura 3, a RNT cobre a totalidade do território de Portugal Continental e tem interligações com a Rede Elétrica Espanhola (REE).



Fig. 3 – Rede Nacional de Transporte de Eletricidade de 2012.

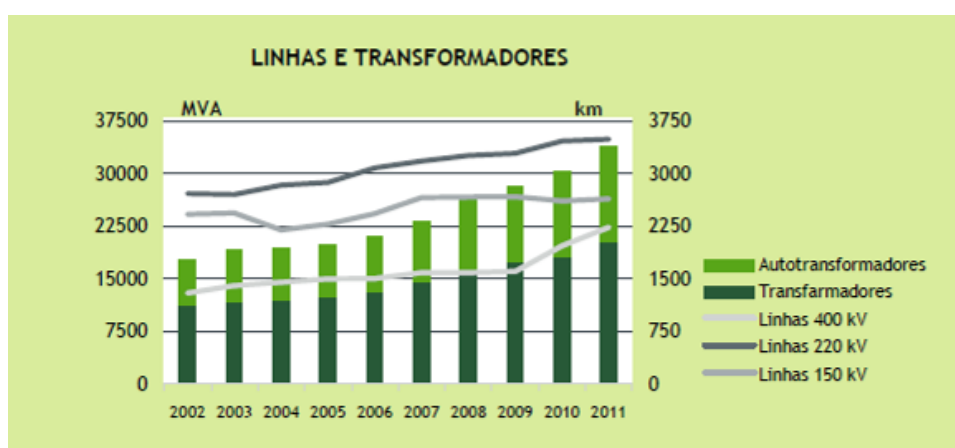
Fonte: <http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/InformacaoTecnica/PublishingImages/RENEL2012.jpg>

A rede de muito alta tensão desenvolve-se, no que respeita às linhas de 400 kV, no sentido Norte-Sul junto à costa, desde o centro electroprodutor de Alto Lindoso, a Norte, até ao centro electroprodutor de Sines, a Sul; desenvolve-se igualmente no sentido oeste-leste, estabelecendo as interligações com a rede espanhola. As linhas de 220 kV desenvolvem-se

fundamentalmente entre Lisboa e Porto, e, na diagonal, entre Miranda do Douro e Coimbra, bem como ao longo do rio Douro e na Beira Interior. A rede de muito alta tensão é ainda complementada por um conjunto de linhas de 150 kV, o primeiro nível histórico de tensão da RNT (desde 1951).

A REN tem necessidade de investir na renovação e na expansão da RNT tendo em vista a melhoria da sua capacidade de transporte e qualidade de serviço, através do aumento da capacidade de transporte para fazer face ao aumento do consumo de eletricidade e do aumento da interligação com Espanha. A REN também está a apostar na renovação do equipamento em fim de vida útil e através de ligações a novos centros electroprodutores (clássicos e em regime especial).

Todos estes esforços têm levado a um aumento do comprimento de linhas e das potências de transformação. Vejamos:



Gráf. 4 – Comprimento de linhas e potências de transformação da RNT.

Fonte:

www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/InformacaoTecnica/DadosTecnicos/REN%20Dados%20T%C3%A9cnicos%202011.pdf

Em 2002, a potência de transformação era de aproximadamente de 17 500 MVA e em 2011, esse valor era aproximadamente o dobro, 33 777 MVA. Também se verificou um aumento no comprimento das linhas de RNT, passando de 6 400 km para 8 371 km. (REN, 2012)

2.3.3. Distribuição

Os sistemas de distribuição modernos começam no ponto correspondente à saída da subestação e finalizam no consumidor.

As redes de distribuição, para além das linhas aéreas e cabos subterrâneos de AT (60 kV), MT (30 kV, 15 kV e 10 kV) e de BT (400/230 V), são constituídos por subestações, postos de transformação e outros equipamentos acessórios necessários à sua exploração. (ERSE, 2013)

Em Portugal, a distribuição de energia elétrica é uma atividade regulada que consiste no encaminhamento, através de redes de distribuição, da energia elétrica entre as subestações da RNT e os pontos finais de consumo. No âmbito desta atividade, a EDP constrói, opera e mantém as redes e instalações destinadas à distribuição de eletricidade.

Uma limitação da eletricidade é que não pode ser armazenada, pelo que tem que ser produzida consoante as necessidades. Assim, são necessários sistemas que controlem a quantidade de energia produzida, de modo a garantir que satisfazem a procura. A oferta e a procura têm que estar balanceadas, de modo a impedir falhas no abastecimento de eletricidade, que podem levar a apagões com grandes proporções. De modo a reduzir o risco da ocorrência de falhas, a RNT é ligada a redes regionais ou internacionais, de modo a fornecer múltiplos ramos por onde a energia pode fluir.

Em Portugal, a REN é responsável pela manutenção e controlo do equilíbrio entre a produção e o consumo, através da observação e ajuste do fluxo de energia entre a rede portuguesa e a rede espanhola.

O mercado diário do MIBEL (Mercado Elétrico de Eletricidade) é a plataforma onde se transaciona eletricidade para entrega no dia seguinte ao da negociação. Este mercado forma preço para cada uma das 24 horas de cada dia e para cada um dos 365 ou 366 dias de cada ano.

O preço de mercado é encontrado através de um processo em que se ordenam de forma crescente, em preço, as ofertas de venda (curva de oferta) e de forma decrescente em preço, as ofertas de compra (curva de procura) de eletricidade para uma mesma hora. O preço de mercado (graficamente corresponde ao cruzamento das curvas de oferta e de procura) é o menor dos preços que garante que a oferta satisfaz a procura. (ERSE, 2012)

Veremos este assunto com maior detalhe no ponto quatro.

2.3.4. Comercialização

A comercialização de eletricidade corresponde à última etapa da cadeia de valor da energia elétrica. Corresponde à entrega da eletricidade por parte das empresas comercializadoras aos consumidores finais, particulares ou empresas, incluindo a faturação e o serviço ao cliente.

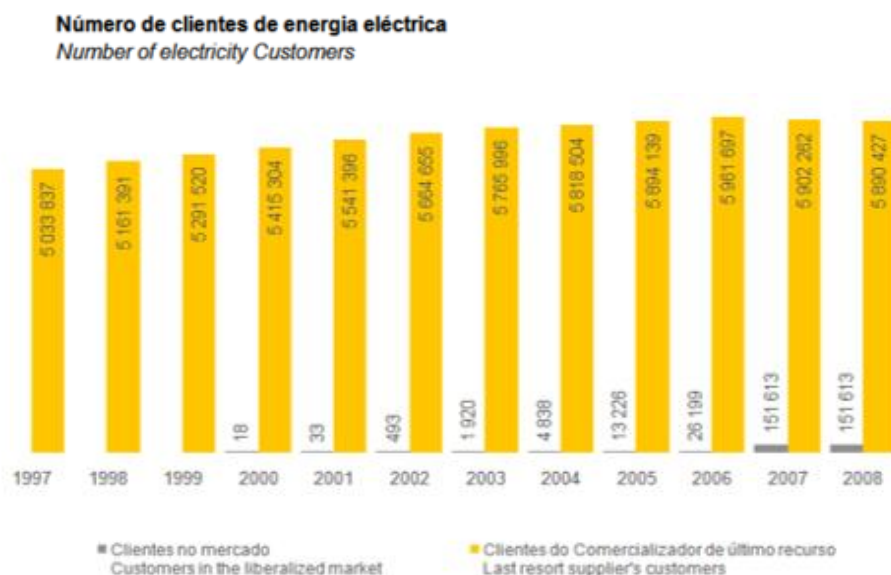
A comercialização de eletricidade está aberta à concorrência, sujeita apenas a um regime de licenciamento. Os comercializadores podem comprar e vender eletricidade livremente. Neste sentido, têm o direito de aceder às redes de transmissão e distribuição mediante o pagamento de tarifas de acesso fixadas pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), uma entidade pública independente.

Em condições de mercado, os consumidores são livres de escolher o seu fornecedor, sem qualquer encargo adicional com a mudança de comercializador. Uma nova entidade, denominada de Operador Logístico de Mudança de Comercializador, cuja atividade será regulada pela ERSE, deverá ser criada para supervisionar as operações logísticas relativas à mudança de comercializador por parte dos consumidores.

2.3.4.1. Mercado liberalizado e regulado

A liberalização dos mercados de eletricidade (que existe em Portugal desde setembro de 2006) veio exigir que as comercializadoras de eletricidade se adaptassem a uma nova realidade, face a um mercado que deixaria de ser previsível, tendo como principal característica a turbulência introduzida pela concorrência.

Entende-se por um mercado regulado (MR), a provisão de serviços regulada por um organismo nomeado pelo governo, que em Portugal é a ERSE. Esta regulação cobre os termos e condições do fornecimento dos serviços bem como os preços a serem praticados. Até 31 de dezembro de 2012, a comercialização regulada de eletricidade era assegurada pela EDP Serviço Universal, com cerca de 6 milhões de clientes.



Gráf. 5 – Número de clientes de energia eléctrica em Portugal Continental.

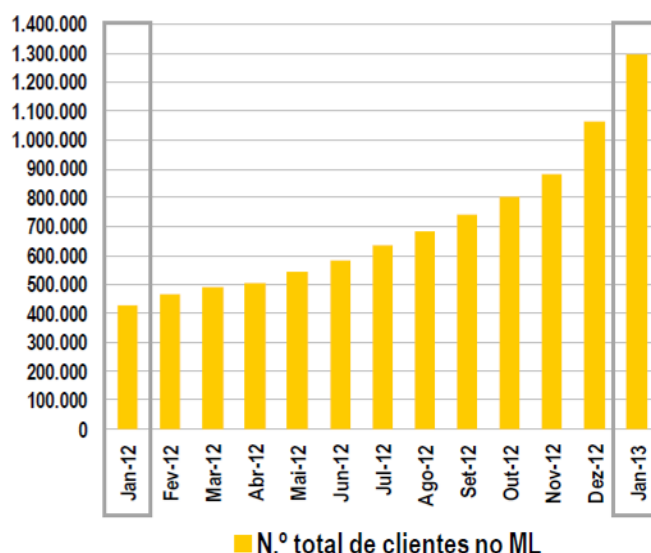
Fonte: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/factosenumeros/Paginas/NúmerodeClientesdeEnergiaEléctrica.aspx>

O Decreto-Lei n.º 75/2012 de 26 de março apresenta a extinção gradual das tarifas reguladas de venda de eletricidade, a partir de 1 de janeiro de 2013.

Um mercado liberalizado (ML) permite a livre concorrência nos mercados de eletricidade, possibilitando o aparecimento de vários comercializadores de energia e uma maior escolha por parte dos consumidores e é um mercado sujeito a regulamentação específica (o RRC – Regulamento de Relações Comerciais para a eletricidade) definida pela ERSE.

Em Portugal, os comercializadores regulados são a EDP Serviço Universal e Cooperativas de Consumidores, enquanto os comercializadores não regulados são a EDP Comercial, GALP Power, Endesa, Iberdrola, União Fenosa/Gas Natural, FORTIA e AXPO Energia.

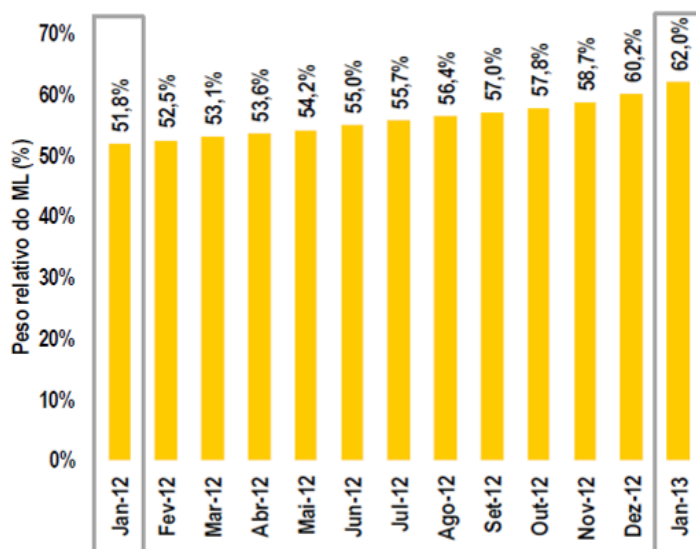
A liberalização do sector eléctrico está associada a uma maior satisfação por parte dos consumidores de energia eléctrica, devido ao aumento da concorrência associado à liberalização e à construção do mercado interno de eletricidade. O número de clientes do mercado liberalizado tem tido um crescimento bastante acentuado, principalmente no último ano.



Gráf. 6 – Número de clientes no mercado liberalizado em Portugal Continental.

Fonte: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/liberalizacaoosector/informacaosobreomercadoliberalizado/Documents/Relatorio%20ML%20201301.pdf>

O número de clientes no ML em janeiro de 2013 estava próximo de 1 300 000 clientes, uma vez que esta data representa o fim das tarifas reguladas para todos os consumidores de eletricidade em Portugal Continental. Em termos globais, o ML representa 62 % do consumo total.



Gráf. 7 – Peso do mercado liberalizado em Portugal Continental.

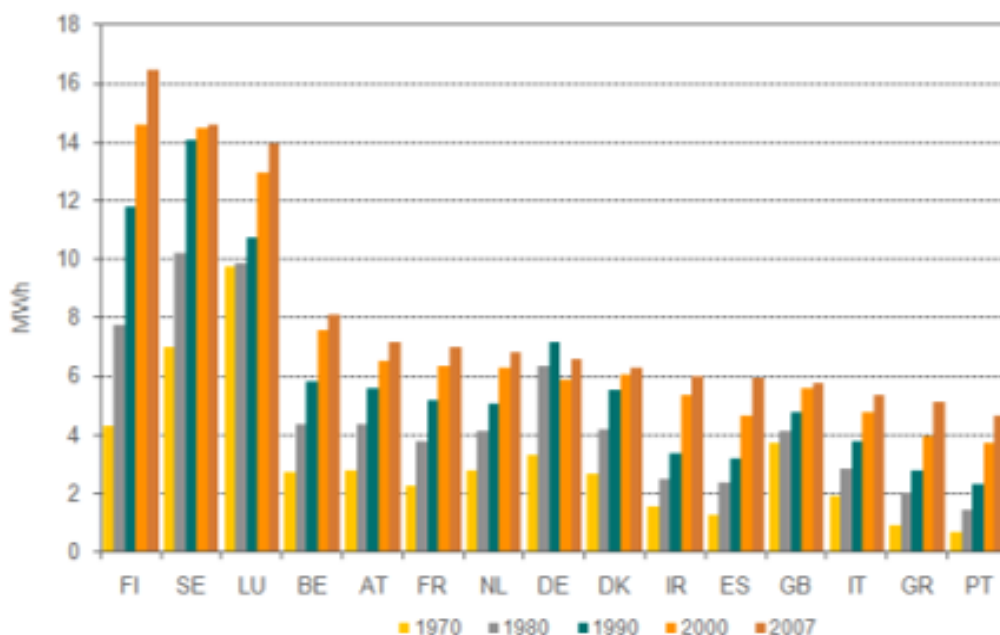
Fonte: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/liberalizacaoosector/informacaosobreomercadoliberalizado/Documents/Relatorio%20ML%20201301.pdf>

As vantagens do ML são:

- Preços no ML inferiores ao MR;
- Entrada de novos operadores no ML alargando as opções e possibilitando a escolha dos clientes;
- Qualidade do serviço ao cliente (operadores podem diferenciar-se pela qualidade do serviço comercial e proporcionar uma melhor experiência);
- Ofertas inovadoras (novos produtos e serviços com tarifários adequados às necessidades dos clientes, ofertas combinadas de energia e serviços com poupanças e maior comodidade, parcerias com fornecedores de produtos complementares);
- Maior eficiência no serviço de comercialização de energia (operadores a procurar cada vez maior eficiência de custos).

2.3.4.2. Consumo de eletricidade

O aumento dos consumos de eletricidade é uma preocupação que tem crescido ao longo dos últimos anos, sendo fundamental incutir nos consumidores pensamentos e comportamentos que permitam atingir objetivos importantes para a sustentabilidade ambiental.



Gráf. 8 – Consumo internacional de eletricidade per capita.

Fonte:

[http://www.erse.pt/pt/electricidade/factosenumeros/Paginas/ConsElecperCapita\(comparaçãointernacional\).aspx](http://www.erse.pt/pt/electricidade/factosenumeros/Paginas/ConsElecperCapita(comparaçãointernacional).aspx)

A tendência verificada ao longo dos anos tem sido a de um aumento progressivo no consumo. De modo aos países poderem atingir as metas estabelecidas para a redução de emissões de CO₂ para a atmosfera, afigura-se uma necessidade de estabilizar este crescimento.

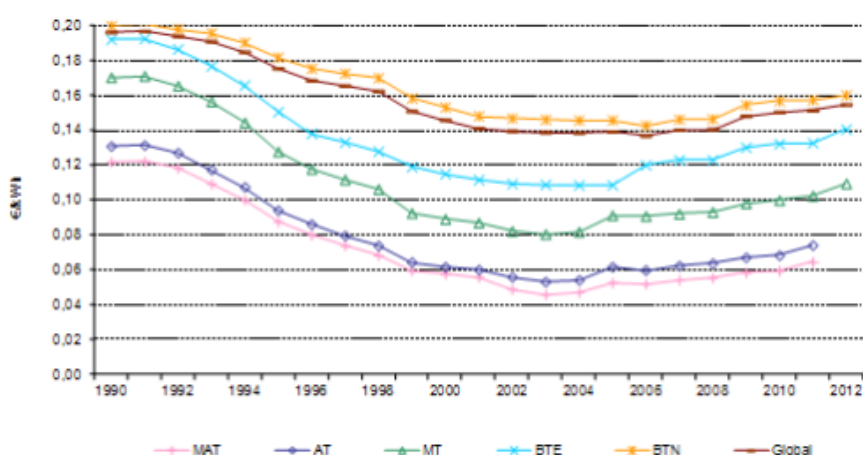
Em Portugal grande parte do consumo energético deve-se ao setor industrial (36 %); os serviços consomem 32 %, seguido do uso doméstico com 29 %. Os restantes 3 % são para a agricultura (2 %) e transportes (1 %). (ERSE, 2012)

2.3.4.3. Tarifas de eletricidade

A ERSE estabelece as tarifas de venda a clientes finais para Portugal Continental, Madeira e Açores.

A aplicação do princípio da atividade tarifária assegura o alinhamento entre os preços pagos por cada consumidor e os custos efetivos de toda a cadeia de valor do sector elétrico. As tarifas de venda a clientes finais são diferenciadas por nível de tensão e tipo de fornecimento, sendo constituídas por várias opções tarifárias. Cada tarifa inclui o pagamento dos custos nas diversas atividades do sector elétrico utilizadas pelos consumidores a quem se aplica. (ERSE, 2013)

O gráfico abaixo apresenta a evolução verificada nas tarifas de venda a clientes finais do comercializador de último recurso, considerando preços constantes de 2011, desde 1990 até 2012, em termos globais e por nível de tensão.



Gráf. 9 – Evolução do preço médio da eletricidade em Portugal Continental.

Fonte:

<http://www.erse.pt/pt/electricidade/factosenumeros/Paginas/EvolucaoPrecoMedioElectricidadePC2010-PrecosConstantes.aspx>

Verifica-se uma tendência de decréscimo nas tarifas praticadas em Portugal Continental. Apesar dos valores apresentados acima, as projeções das tarifas de eletricidade a nível europeu para as próximas décadas indicam uma evolução crescente nos preços que os clientes finais terão de pagar pelo fornecimento de energia elétrica, se os países da União Europeia mantiverem as suas políticas energéticas atuais.

A formação dos preços de eletricidade é influenciada por aspetos relacionados com:

- A estrutura da produção em termos de tecnologias empregues;
- Os preços e condições de energia primária;
- O regime hidrológico;
- O mercado de licenças de emissão de CO₂.

Parte da eletricidade produzida em Portugal é proveniente de centrais térmicas, nomeadamente centrais a carvão, gás natural, que dependem integralmente da importação destes combustíveis fósseis.

A dependência de Portugal em termos de importação de energia atinge valores superiores a 80 %. Portugal está sujeito assim, à variação dos preços de energia primária praticados nos mercados internacionais, influenciando de forma decisiva os preços da eletricidade. Por outro lado, a acrescer aos preços nos mercados de energia primária, o Protocolo de Quioto criou um mercado no espaço europeu, que atribui uma valorização às emissões de CO₂ que passaram a refletir-se na estrutura de custos das centrais térmicas, nomeadamente nas centrais a carvão, onde o nível de emissões de CO₂ é mais elevado.

Este custo imputado ao preço final da eletricidade constitui um fator importante na definição de políticas energéticas tendo em consideração a preocupação crescente com as alterações climáticas. (Davis, 2011)

3. Redes Energética Inteligentes

3.1. O que são e como surgiram

Concebidas inicialmente para transportar e distribuir energia, as já seculares redes elétricas dos países desenvolvidos apresentam atualmente dificuldades na capacidade de resposta causadas pelo aumento da procura de eletricidade por eletrodomésticos cada vez mais potentes e modernos e também, pela crescente implementação de veículos elétricos. (EDP, 2012)

A manutenção da estabilidade da rede é agora um enorme desafio, devido às constantes oscilações entre a oferta e a procura de energia elétrica e, principalmente devido à grande concentração da procura em períodos específicos. (EDP, 2012)

O nascimento das redes inteligentes (ou *smart grids*) está relacionado com o processo de adaptação e modernização das redes energéticas atuais, seguindo critérios de otimização de recursos, eficiência, sustentabilidade, capacidade e fiabilidade. O seu desenvolvimento é indispensável para garantir uma maior presença das energias renováveis, devido às suas particularidades, e da utilização sustentável das mesmas. (Romero, I. e Palacio, C., 2012)

A rede energética (figura 1) é caracterizada por ter uma produção centralizada e controlável, um fluxo de energia unidirecional, muito pouca (ou inexistente) interação com os clientes e pouca necessidade/disponibilidade de informação.

O paradigma começa a alterar-se com o aparecimento da produção renovável ligada de forma distribuída à rede AT e MT. Surgem então, fluxos bidirecionais de energia nas redes AT e MT, produção variável e imprevisível, dificuldades no controlo da tensão e necessidade de adaptação de novas proteções. O aparecimento da microprodução alarga o desafio à rede de BT.

A promoção da eficiência energética no consumo implica um papel muito mais ativo por parte dos consumidores, isto porque, há mais informação e novos serviços, suportados em sistemas avançados de telecontagem e as novas tecnologias de automação permitem uma interação automática com os equipamentos de consumo, possibilitando-os a participar na gestão do sistema em ambiente de mercado. (Andrade, 2010)

As redes inteligentes surgiram porque a produção de origem não fóssil (como solar ou eólica) tem o inconveniente da imprevisibilidade do fornecimento, uma vez que depende de forças naturais, e que pode provocar graves problemas de estabilidade nas redes ou mesmo falha de fornecimento.

É aqui que as redes inteligentes são fundamentais, já que garantem a estabilidade, tanto do transporte, como da distribuição. Neste tipo de rede é possível conservar o excedente energético em momentos de grande produção, e introduzi-los na rede quando a produção é mais escassa. Os sistemas de controlo e automação associados a estas soluções permitem que o sistema armazene energia ou a liberte, na medida certa em função da informação que recebe a cada momento.

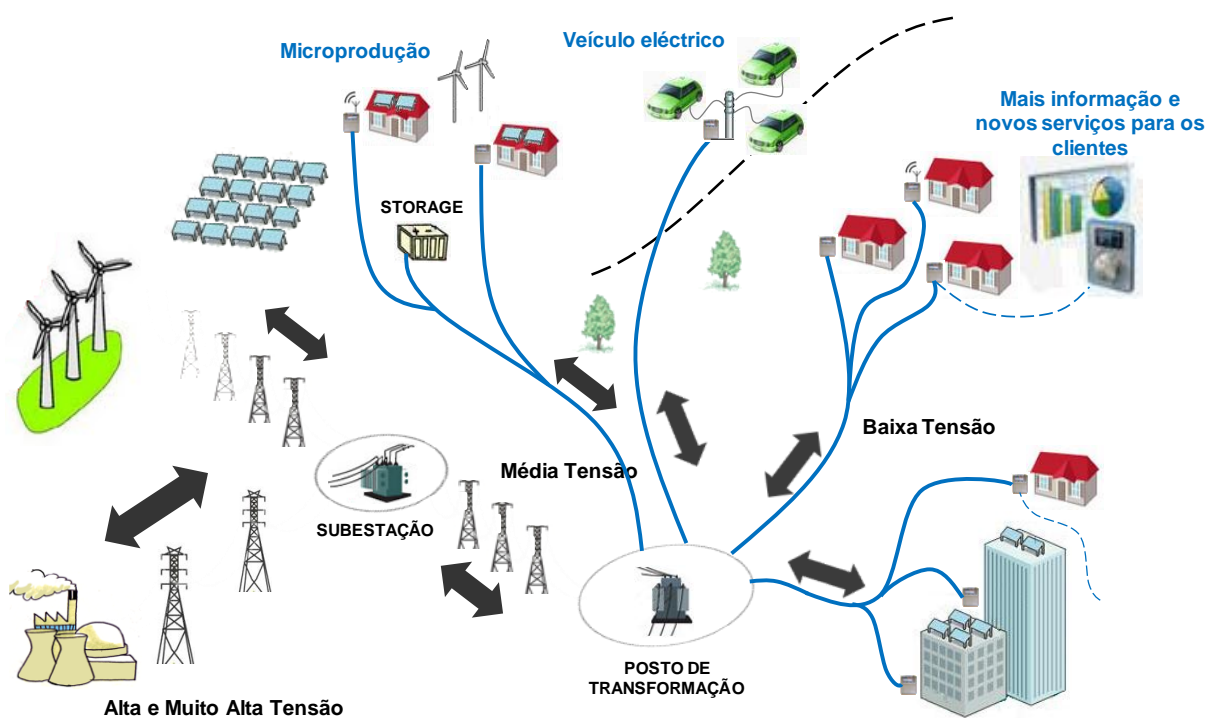




Fig. 4 – Sistema de energia elétrica de uma rede inteligente.

Fonte: Marques, R. (2011). O Curso de Prosperidade Renovável Energia 1 – Redes Inteligentes e Mobilidade Elétrica.

Vejamos então, a comparação entre as redes elétricas atuais e as redes elétricas do futuro: (EDP, 2012)

	
Rede centralizada, com intervenção local	Rede descentralizada, com intervenção remota
Fluxos de energia num só sentido (Rede → Consumidor)	Fluxos de energia nos dois sentidos (Rede ↔ Consumidor/Microprodutor)
Produção de energia previsível, com recurso a energias não renováveis	Produção variável de energia, com recurso a energias renováveis
Faturação com base em leituras periódicas e estimativa	Faturação com base no consumo real
Acesso à informação com base na última leitura, através da internet	Acesso à informação através do perfil de consumo, através da internet, <i>displays</i> , PDA

Quadro 2 – Comparação entre as redes energéticas atuais e as de futuro.

As *Smart Grids* surgiram com as novas diretivas da União Europeia, já que promovem o desenvolvimento das redes inteligentes de energia. Os objetivos até 2020, são que 20 % do total do consumo de energia seja proveniente de energias renováveis, existam poupanças de 20 % no consumo total de energia primária e redução das emissões de CO₂ em 20 %. (Messias, 2009)

Existe também a publicação de diretivas da UE que promovem o desenvolvimento das redes inteligentes de energia:

- 2006/32/CE – Eficiência energética e faturação baseada em consumos efetivos;
- 2005/89/CE – Estabelece medidas que têm por objetivo garantir a segurança do fornecimento de eletricidade, a fim de garantir o bom funcionamento do mercado interno da eletricidade e de assegurar:
 - Um nível adequado de capacidade de produção
 - Um equilíbrio adequado entre a oferta e a procura
 - Um nível apropriado de interligação entre os Estados-Membros, tendo em vista o desenvolvimento do mercado interno. (Messias, 2009)

Outro aspeto que levou ao aparecimento das *Smart Grids* surge na sequência do contexto macroeconómico que está a pressionar fortemente o sector elétrico, sendo necessário

garantir uma maior fiabilidade e qualidade do fornecimento. Para tal é preciso fazer face à obsolescência das redes elétricas atuais, às suas limitações de capacidade e às condicionantes existentes em termos de segurança. Além disso, é necessário promover a sustentabilidade ambiental, utilizando as novas formas de geração de energia, alternativas aos recursos fósseis por forma a reduzir a dependência energética externa, e cumprir obrigações ambientais. (Messias, 2009)

Face a este novo paradigma vão surgir novos desafios:

- Abordagem centrada nos consumidores – novos serviços de valor acrescentado, planos de preços inovadores, pressão nos preços;
- Liberalização dos mercados – induzindo concorrência e flexibilidade nas tarifas, novos produtos e serviços, concorrência transnacional;
- Modulação na procura – alisando picos de consumo, contribuindo para o alinhamento entre a oferta e procura de energia;
- Maior segurança dos abastecimentos (incluindo a microprodução) – através da diversificação de fontes renováveis, incremento da capacidade de geração distribuída, maior proximidade entre a geração e o consumo, com especial ênfase na microgeração;
- Renovação das redes e da sua operação – com recurso a investimentos que tornem as redes mais fiáveis e eficientes, nomeadamente através do aumento do nível de automação e controlo remoto. (Messias, 2009)

3.2. Porque precisamos das redes inteligentes?

A pergunta que se coloca é, afinal, porque precisamos das redes inteligentes?

As redes inteligentes permitem o consumo e a gestão inteligente da procura de eletricidade. Como o fluxo de informação que circula na rede é bidirecional, o utilizador poderá conhecer em tempo real, toda a informação sobre a oferta energética e o preço do kWh, podendo assim tomar as decisões mais convenientes sobre o consumo.

Além disso, as redes inteligentes são um potenciador na defesa das energias renováveis, proteção ambiental e redução das emissões de CO₂.

As *Smart Grids* permitem uma redução de custos operacionais e de manutenção da rede, bem como uma redução de perdas na rede.

As vantagens não são só para o consumidor. No caso do comercializador permite que sejam disponibilizados novos serviços, criar planos de preços inovadores e tarifas em quase real-time e há uma atenuação das barreiras à entrada de novos operadores. (Messias, 2009)

No caso do regulador, permite ter acesso a uma informação mais rica sobre o funcionamento da rede elétrica, levando a uma maior eficiência do mercado elétrico. (Messias, 2009)

As *Smart Grids* contribuem também, para um melhor desempenho da economia nacional, uma vez que há um melhor aproveitamento das energias renováveis, permitindo assim, uma redução na dependência das energias não renováveis. Devido à forte componente de Investigação e Desenvolvimento, as *Smart Grids* levam à criação de projetos industriais e centros de competência, que são geradores de emprego e de exportação. (Messias, 2009)

3.3. Tecnologia envolvida

Os sistemas inteligentes de contagem são o instrumento chave para a implementação da infraestrutura que dará suporte à gestão técnica e comercial dos sistemas elétricos de energia do futuro. Os benefícios destes sistemas são ainda potenciados pela possibilidade de colaborarem na integração em larga escala de geração de energia renovável.

As abordagens de telecontagem têm vindo a evoluir do ponto de vista da sofisticação tecnológica, desde o AMR (*Automatic Meter Reading*) até ao AMI (*Advanced Metering Infrastructure*), introduzindo o conceito de *smart metering*. Desde os anos 90 até ao início do séc. XXI foram introduzidas soluções de telecontagem como resposta à liberalização do mercado elétrico que criou novas necessidades, nomeadamente de dados operacionais da rede e de consumo mais detalhados. Foram instalados contadores eletrónicos nos principais clientes e foram utilizados sistemas de comunicações baseadas nas redes GSM de telecomunicações.

Como consequência da penetração da tecnologia associada aos contadores digitais no segmento de baixa tensão e da necessidade de ter novos mecanismos que potenciem a eficiência energética dos consumidores, desenvolveram-se novas soluções que estão atualmente a ser implementadas por várias *utilities*, permitindo um novo tipo de relações contratuais, introdução de *demand response*, e fundamentalmente, uma abordagem centrada no consumidor. (Carrapatoso e Gomes, 2009)

3.4. Redes de energia inteligentes em Portugal

A nossa sobrevivência no planeta depende da mudança, ou seja, devemos adaptar os nossos padrões de vida para uma maior sustentabilidade e menor consumo de recursos. Precisamos de um mundo novo, em que as energias mais limpas são geridas de uma maneira inteligente. A necessidade de novos modelos de geração de energia e de maior fiabilidade e qualidade do fornecimento, está a mudar a forma como os clientes interagem com as redes elétricas. E a eficiência traz benefícios para todos. (EDP, 2012)

Para responder a esta nova era da energia, a EDP lançou o projeto InovGrid na cidade de Évora.

O InovGrid é um projeto inovador que visa dotar a rede elétrica de informação de equipamentos capazes de automatizar a gestão das redes, melhorar a qualidade de serviço, diminuir os custos de operação, promover a eficiência energética e a sustentabilidade ambiental, potenciar a penetração das energias renováveis e do veículo elétrico.

O InovGrid é o futuro da distribuição de energia em Portugal: um futuro energeticamente mais inteligente, mais eficiente, mais competitivo e mais responsável. (EDP, 2012)

O projeto InovGrid iniciou-se em 2009 e está a cargo de um consórcio liderado pela EDP Distribuição e incorpora empresas com competências nas áreas da medição e comunicações (Janz), automação de sistemas de energia, comunicações, SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) e automação de subestações (EFACEC), sistemas de informação (Edinfor/Lógica) e institutos de investigação (INESC Porto) com o suporte da no Limits Consulting. (Carrapatoso e Gomes, 2009)

A primeira fase do projeto consiste na instalação de cerca de 30 mil novos contadores de energia elétrica – a *Energy Box* – em clientes de BT, abrangendo grande parte do distrito de Évora, iniciando-se assim o conceito de InovCity. Prevê-se a cobertura da totalidade dos seis milhões de clientes até 2017. As funcionalidades preconizadas pela EDP para a “sua” *Energy Box* permitem aos consumidores conhecer melhor os seus gastos, saber onde poupar e qual a melhor hora para vender energia à rede. (Ganhão, 2011)

Ao potenciarem a eficiência energética, a microprodução e a mobilidade elétrica, as redes inteligentes constituem um pilar fundamental do desenvolvimento sustentável. O projeto InovGrid constitui um grande desafio tecnológico, com o objetivo de implementar um novo

paradigma de redes de eletricidade, permitindo a integração dos processos de *smart metering* e comerciais definidos pelos reguladores de eletricidade potenciando a eficiência e a flexibilidade da operação da rede e a melhoria da qualidade do serviço. (Andrade, 2010)

3.4.1. Arquitetura

A arquitetura técnica baseia-se numa arquitetura hierárquica multinível, com capacidade de gerir simultaneamente a informação de cariz técnico e comercial.

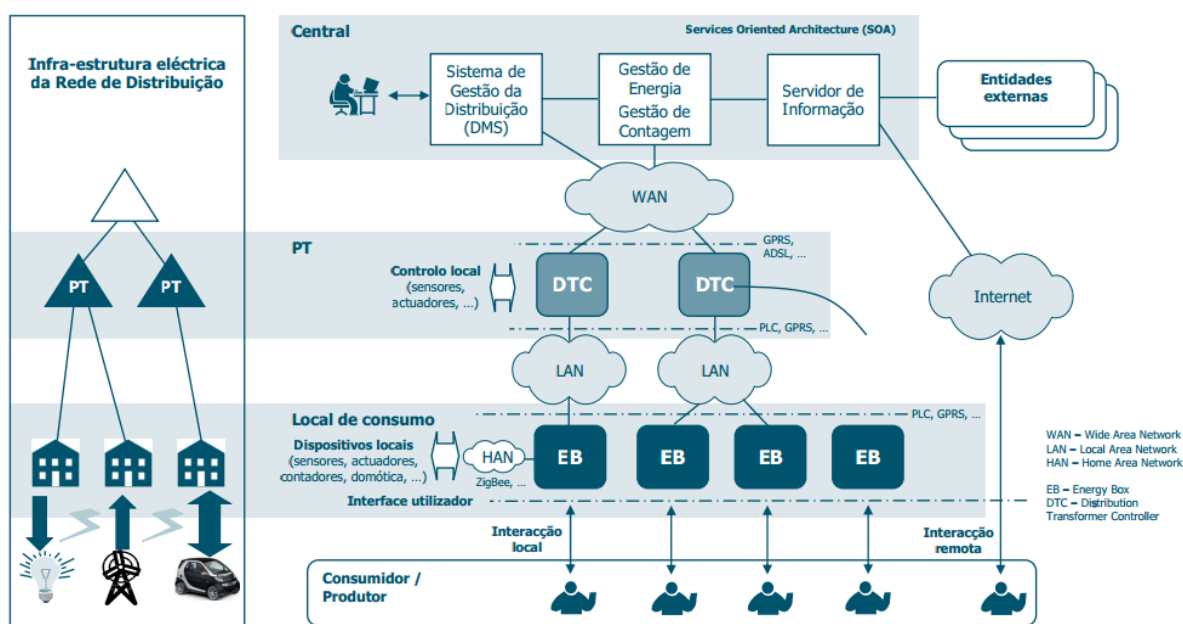


Fig. 5 – Arquitetura técnica de referência do projeto InovGrid.

Fonte: http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/dossier_artigo/43d873018197200548480134e8ef5272.pdf

A arquitetura está dividida em três níveis:

- Nível do produtor/consumidor – neste nível encontram-se as *Energy Boxes*, que oferecem as funcionalidades de telecontagem de eletricidade e gestão de energia doméstica, incluindo o controlo da microgeração de energia;
- Nível da subestação MT/BT (posto de transformação) – nível onde está o DTC (*Distribution Transformer Controller*), que é responsável por gerir as *Energy Boxes* (EB) e monitorizar e controlar o posto de transformação;
- Nível de controlo e gestão central – neste nível é agregada a informação comercial e de gestão energética, sendo implementado ainda o controlo operacional da rede. (Carrapatoso e Gomes, 2009)

3.4.2. Energy Box

A *Energy Box (EB)* substituirá os atuais contadores de eletricidade e será a ligação da casa dos consumidores, à rede inteligente de energia.

A EB é o ponto de comunicação entre o cliente e a rede, possibilitando funcionalidades de contagem inteligente (*smart metering*), gestão da procura, condicionamento de procura do lado do cliente, controlo da microgeração, criação de serviços de valor acrescentado e integração com a domótica. O cliente terá a possibilidade de:

- Aceder à informação sobre o seu consumo de energia elétrica, o que permitirá corrigir hábitos menos eficientes e em consequência reduzir a fatura de eletricidade;
- Conhecer as horas do dia de maior consumo, e aquelas em que pode usar a eletricidade a um preço mais favorável, passando a conseguir programar os eletrodomésticos para funcionarem nesses períodos;
- Ativar remotamente serviços, como por exemplo efetuar alterações tarifárias ou de potência contratada.

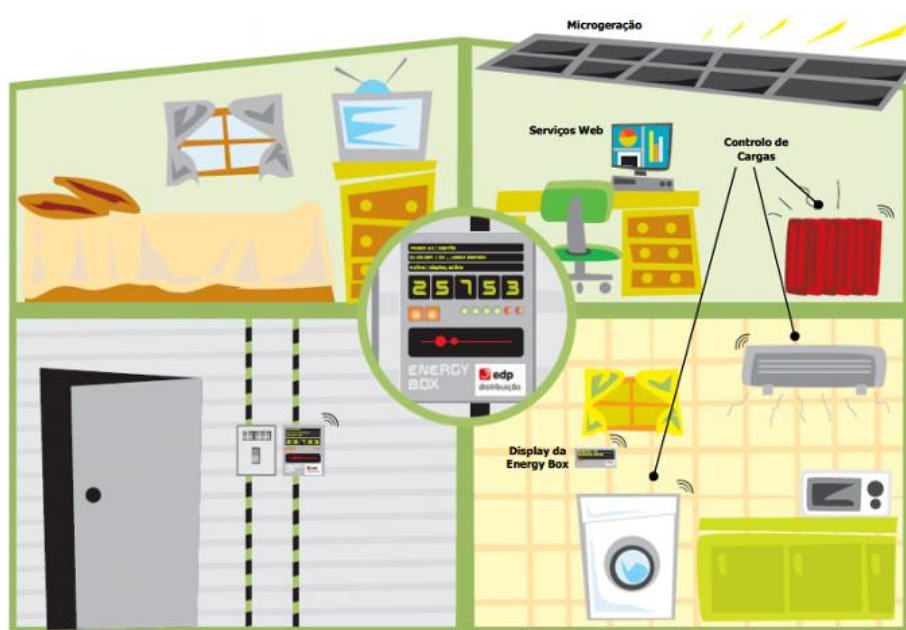


Fig. 6 – A *Energy Box* como o dispositivo central da gestão do consumo energético.

Fonte: http://www.ordemengenhheiros.pt/fotos/dossier_artigo/43d873018197200548480134e8ef5272.pdf

As EB são a “face visível” da implementação das *Smart Grids* para os consumidores, sendo uma peça fundamental para a aceitação e entendimento do real valor das redes inteligentes para os clientes. (Carrapatoso e Gomes, 2009)

3.4.3. Distribution Transformer Controller

O *Distribution Transformer Controller (DTC)* fica localizado na subestação MT/BT (no posto de transformação) e tem a função de comunicar e gerir as EB existentes na rede BT da subestação. O DTC opera como um dispositivo inteligente de controlo e automação do posto de transformação, deteção de defeito e controlo da iluminação pública. O DTC apresenta um conceito modular e expansível, permitindo assim a introdução faseada de novas funcionalidades conforme elas se tornem necessárias.

O DTC tem, ainda, outras funções, tais como:

- Análise da qualidade da energia;
- Deteção e notificação de falhas de energia;
- Monitorização do desequilíbrio de carga;
- Monitorização de sobrecarga do transformador;
- Balanço energético. (Carrapatoso e Gomes, 2009)

3.4.4. Comunicações

As comunicações representam uma componente fundamental no projeto, porque disponibilizam todo o suporte de infraestrutura a todas as funcionalidades e serviços. A infraestrutura divide-se nas seguintes redes:

- WAN (*Wide Area Network*) – interliga os sistemas de informação/SCADA-DMS com os DTC;
- TAN (*Transformer Area Network*) – interliga o DTC e os restantes dispositivos eletrónicos inteligentes existentes no posto de transformação;
- LAN (*Local Area Network*) – interliga o DTC e as EB;
- HAN (*Home Area Network*) – interliga a EB com dispositivos instalados na casa do consumidor/produzidor). (Carrapatoso e Gomes, 2009)

3.5. Problemas na implementação

Atualmente ainda existem alguns problemas na implementação das redes inteligentes.

O principal problema é o elevado investimento que é necessário para a implementação de um projeto deste tipo, isto porque são necessários novos equipamentos para os produtores

e consumidores, para além de ser necessário investir na formação dos utilizadores. (Carrapatoso e Gomes, 2009)

As redes de BT são redes predominantemente resistivas e com baixa potência de curto-circuito, como tal dificultam o controlo de tensão, podendo levar a grandes estragos na rede ou no limite, à quebra do consumo.

Outro aspeto a ter em conta, é que neste momento existe uma grande quantidade de redes e uma elevada dispersão geográfica, que dificultam o planeamento e o estudo da ligação de novas instalações de microprodução.

A falta de capacidade de armazenamento de informação que existe atualmente, não permite que sejam aproveitados todos os dados provenientes dos contadores inteligentes. Estes dados permitem que se tenha uma informação mais detalhada e precisa sobre o comportamento dos consumidores nacionais.

3.6. Estado de Arte

Por tudo o que foi referido anteriormente, cada vez mais, são os países que implementam projetos de redes energéticas inteligentes. Na fig. 7 estão alguns dos projetos em curso na Europa.

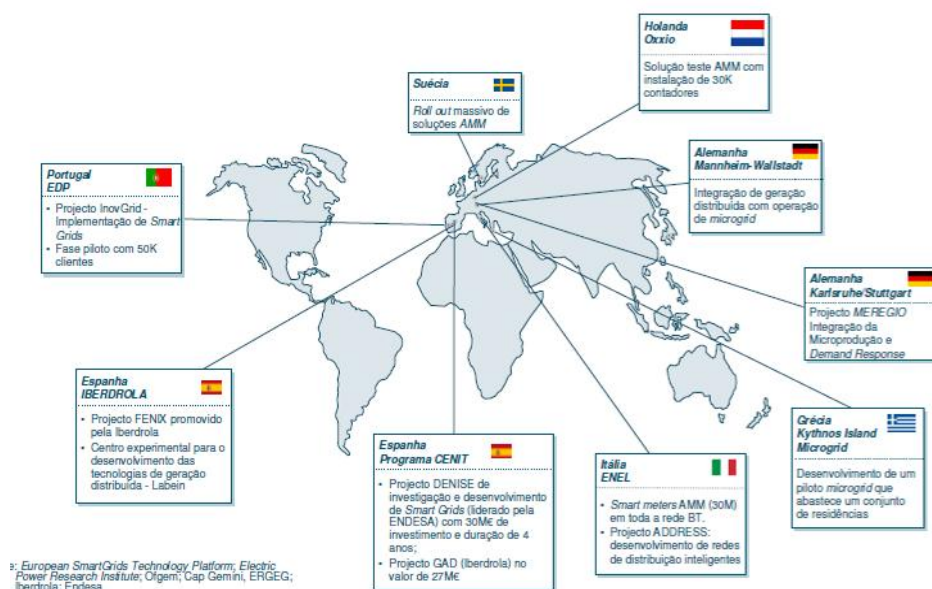


Fig. 7 – Projetos de Redes Inteligentes na Europa.

Fonte: European SmartGrids Technology Platform.

4. Mercado de energia elétrica

O conceito “mercado de energia elétrica” foi difícil de desenvolver e só nas últimas décadas tomou forma. Inicialmente devido, por um lado, às condicionantes físicas de eletricidade e, por outro, às condicionantes de concorrência do sector.

A flutuação da procura de eletricidade em diferentes horizontes temporais, como a hora, o dia, o mês e até o ano, juntamente com o facto de esta não poder ser economicamente armazenada, confere a este produto características muito próprias.

A variação do consumo de energia elétrica reflete-se diretamente na variação da produção. Assim, existe a necessidade do sistema elétrico possuir reserva de produção para atender a essas flutuações e a outras que possam resultar de falhas nos grupos produtores ou também a contingências no sistema de transmissão.

Se, às anteriores características da energia elétrica, juntarmos o facto de esta ser um bem essencial aos consumidores, resulta um mercado com um nível de complexidade elevado e com muitas problemáticas a ter em conta na sua estruturação.

Além das características referidas, o sector elétrico ainda tem outra característica pouco comum. As redes elétricas constituem um monopólio natural, já que, dificilmente se justifica e se consegue rentabilizar um investimento numa rede, ou segmento, de modo a fazer concorrência a outra.

Assim sendo, as atividades onde pode e deve ser fomentada a concorrência, são a produção e a comercialização de eletricidade.

Como tal, o desenvolvimento de mercados de energia elétrica, foi um processo demorado, alvo de vários estudos e, como representa um conceito inovador, foi alvo de continuados ajustes e alterações, não havendo ainda um modelo consensual para o melhor desempenho do mesmo. A Europa começa agora a organizar-se em mercados regionais.

A atividade de produção de eletricidade em regime de mercado está associada a um mercado grossista, em que os agentes presentes na produção asseguram a colocação da mesma e os agentes que necessitam abastecer-se de eletricidade procuram adquiri-la, seja para satisfazer a carteira de clientes, seja para consumo próprio. A atividade de comercialização está associada a um mercado retalhista, em que os agentes

comercializadores concorrem para assegurar o fornecimento dos clientes finais. (ERSE, 2012)

4.1. Operadores dos mercados de energia elétrica

O MIBEL, Mercado Ibérico de Eletricidade, foi o resultado de um acordo entre o Governo de Portugal e o Governo de Espanha para a constituição de um mercado regional de eletricidade.

O acordo foi assinado em 1 de outubro de 2004 e a sua posterior entrada em funcionamento em julho de 2007 tornou o MIBEL no segundo mercado regional a nível Europeu a ser constituído.

Com a concretização do MIBEL, passou a ser possível, a qualquer consumidor no espaço ibérico, adquirir energia elétrica, num regime de livre concorrência, a qualquer produtor ou comercializador que atue em Portugal ou Espanha.

O MIBEL tem como principais objetivos:

- Beneficiar os consumidores de eletricidade dos dois países, através do processo de integração dos respetivos sistemas elétricos;
- Estruturar o funcionamento do mercado com base nos princípios de transparência, livre concorrência, objetividade, liquidez, autofinanciamento e auto-organização;
- Favorecer o desenvolvimento do mercado de eletricidade de ambos os países, com a existência de uma metodologia única e integrada, para toda a península ibérica, de definição dos preços de referência;
- Permitir a todos os participantes o livre acesso ao mercado, em condições de igualdade de direitos e obrigações, transparência e objetividade;
- Favorecer a eficiência económica das empresas do setor elétrico, promovendo a livre concorrência das mesmas. (OMIP, 2013)

Para a entrada em funcionamento do MIBEL foram criadas duas entidades responsáveis pela gestão do mercado ibérico de energia: o *Operador del Mercado Ibérico de Energia* (OMIE), polo Espanhol criado em 11 de março de 2005, e o Operador do Mercado Ibérico de Energia, polo Português criado em 16 de junho de 2003 (OMIP). O OMIE é responsável pela gestão dos mercados diário e intradiário, enquanto o OMIP é responsável pela gestão dos mercados de derivados. (OMIP, 2013)

A integração efetiva dos dois mercados ainda não foi totalmente alcançada. É necessário uma maior capacidade de interligação entre os dois sistemas e uma maior harmonização das regras de negociação.

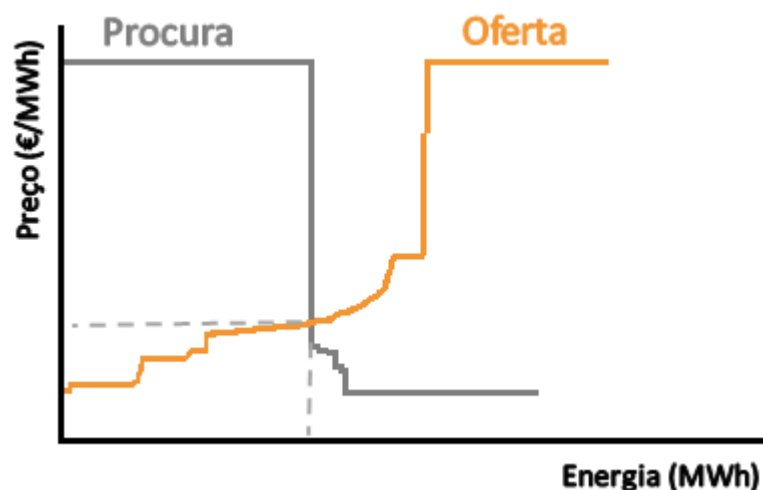
A contratação de eletricidade envolve múltiplas formas, como a contratação para o dia seguinte (mercado diário e intradiário), para prazos mais longos (mercado a prazo) ou de forma bilateral. (ERSE, 2012)

4.1.1. Mercado diário

O mercado diário é a base do MIBEL e é gerido pelo OMIE.

O seu objetivo é proceder às transações de energia elétrica para o dia seguinte, fazendo para tal o enquadramento das ofertas de venda e de aquisição de eletricidade por parte dos agentes do mercado, ou seja, o MIBEL funciona através do cruzamento de ofertas - de compra e de venda - por parte dos diversos agentes registados para atuar naquele mercado, indicando cada oferta, o dia e a hora a que se reporta, o preço e a quantidade de energia correspondentes.

Assim, o mercado diário tem como base a aquisição e venda de energia elétrica para o dia seguinte. As ofertas dos produtores e dos compradores de energia elétrica são apresentadas ao operador de mercado, analisadas e avaliadas tendo em consideração vinte e quatro períodos horários. A curva de oferta dos produtores é formada por ordem crescente de preço, enquanto a curva de oferta de compra é formada por ordem decrescente de preço (gráf. 10). Da interseção das duas curvas resulta o preço de mercado e a quantidade negociada.



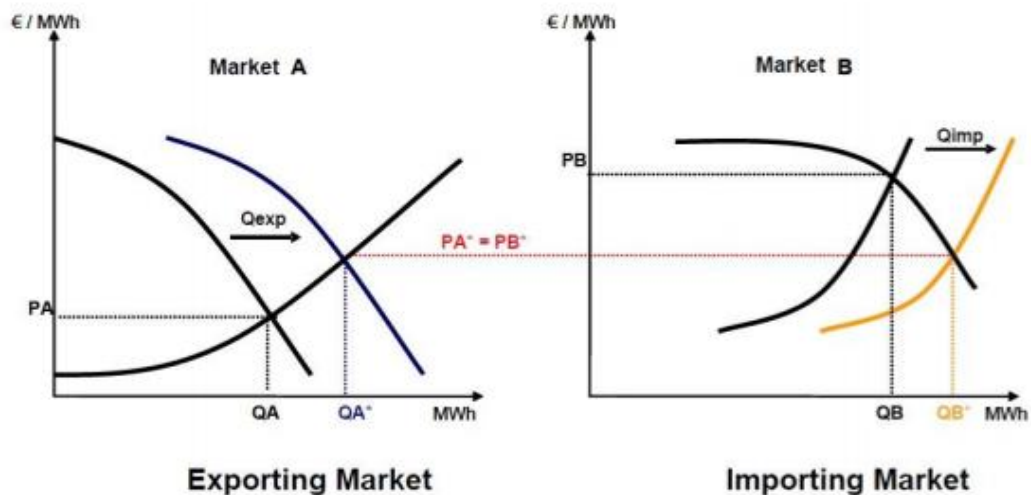
Gráf. 10 – Determinação do preço de mercado.

Fonte: <http://www.erse.pt/pt/supervisaodemercados/mercadoelectricidade/mercado diario/Paginas/default.aspx>

Estes valores não são definitivos, como veremos em seguida, existindo ainda um mercado de ajustes – o mercado intradiário.

Os produtores estão obrigados a aderir e a respeitar as normas de funcionamento do mercado. Entre algumas dessas normas de funcionamento, está a proibição de uso de posição dominante no mercado, de forma a alterar os preços. Além deste facto, são obrigados a apresentar ofertas ao mercado diário, ofertas essas que são alvo da entidade reguladora, que pode pedir explicações para um inesperado aumento ou diminuição de preço. A entidade reguladora tem o poder de aplicar coimas, caso se verifique um aumento de preço abusivo por parte de um produtor.

Adicionalmente, como o mercado diário compreende simultaneamente Portugal e Espanha, torna-se necessário prever a circunstância das capacidades de interligação comercialmente disponíveis entre os dois países, não comportarem os fluxos transfronteiriços de energia que o cruzamento de ofertas em mercado determinaria. Sempre que tal ocorre, as regras atuais de mercado determinam que se separem as duas áreas de mercado correspondentes a Portugal e Espanha e que se encontrem preços específicos para cada uma das áreas mencionados. Este mecanismo é designado por separação de mercados ou *market splitting*. (ERSE, 2012)



Gráf. 11 – Mecanismo do *market splitting*.

Fonte: <http://www.epexspot.com/en/market-data>

O *market splitting* consiste em fazer procedimentos distintos de formação de preço, um para o mercado português e um para o mercado espanhol, tendo em conta a quantidade máxima de energia que pode ser trocada entre os dois sistemas e que resultam num preço diferente para cada país. (EPEXSPOT, 2013)

Sempre que os preços para cada uma das áreas de mercado não se equivalem, diz-se que existe um *spread* de preços entre elas (o preço é diferente nas duas zonas). A razão para que ocorra separação de mercados (e correspondentes *spreads* de preço) deve-se ao mix de produção em cada um dos países, insuficiência das capacidades de interligação ou ao comportamento dos agentes de mercado. A atuação da supervisão pretende minimizar as situações de separação de mercados e, em particular, garantir que estas não se atribuam a comportamentos anti-concorrenciais dos agentes. (ERSE, 2012)

4.1.2. Mercado intradiário

O mercado intradiário tem por objetivo atender, mediante a apresentação de ofertas de venda e aquisição de energia elétrica por parte dos agentes do mercado, aos ajustes sobre o programa diário definido. Assim, é efetuada a gestão dos desvios entre as quantidades previstas e os programas de produção/consumo.

O mercado intradiário é estruturado atualmente em seis sessões, com a seguinte distribuição de horários por sessão: 20 horas, 24 horas, 5 horas, 8 horas, 12 horas e 16 horas. A primeira sessão forma preço para as últimas 4 horas do dia de negociação e para as 24 horas do dia seguinte ao dia da negociação.

À semelhança do mercado diário, o funcionamento do mercado intradiário está assente na sujeição de ofertas, de compra e de venda, por parte dos diversos agentes registados para atuar no mercado diário, indicando cada oferta por sessão, o dia e a hora a que se reporta, o preço e a quantidade de energia correspondentes. (ERSE, 2012)

4.1.3. Mercado a prazo

O mercado a prazo de eletricidade é um mercado organizado que oferece instrumentos de gestão de risco sob a forma de derivados, sendo a entidade responsável pela gestão do mercado a prazo, o OMIP.

Os instrumentos transacionados no OMIP referem-se a contratos de compra e venda de energia para uma determinada maturidade no futuro (semana, mês, trimestre e ano), de acordo com regras específicas deste mercado. O tipo de instrumentos transacionados varia com as necessidades de gestão de risco e de troca de eletricidade pelos diferentes agentes. (ERSE, 2012)

A negociação no mercado a prazo pode ser uma negociação em contínuo (dentro de um horário pré-definido) ou negociação em leilão.

Os agentes que podem participar num mercado a prazo são intermediários financeiros, produtores em regime ordinário, comercializadores ou outros agentes do setor elétrico.

4.1.4. Mercado bilateral

Os contratos bilaterais são efetuados entre entidades produtoras e comercializadoras ou distribuidoras, ou seja, caracterizam-se pela possibilidade de estabelecer acordos diretos entre os agentes intervenientes no mercado. As condicionantes contratuais económicas são da inteira responsabilidade das entidades que assumiram esses contratos, sendo necessário informar os operadores de sistema, das suas condicionantes técnicas, de modo a que estes possam cumprir o seu papel de assegurar a viabilidade técnica dos despachos efetuados na rede. Estes contratos são usualmente de média-longa duração e possuem uma forte componente normativa, que poderá alterar o preço base da negociação.

A sua utilização, confere aos agentes uma segurança acrescida quanto à volatilidade dos preços, procurando assim uma estabilidade dos preços de eletricidade. (ERSE, 2012)

4.2. A procura de energia elétrica

Uma limitação da energia elétrica é o não armazenamento da mesma, pelo que tem de ser produzida de acordo com as necessidades instantâneas de consumo. Assim, são necessários sistemas que controlem a quantidade de energia produzida em tempo-real, de modo a garantir que satisfazem a procura. A procura e a oferta têm de estar balanceadas, de modo a impedir falhas no abastecimento de eletricidade, que pode levar a apagões de grandes proporções.

O mercado de eletricidade, como foi referido anteriormente, é um mercado singular, e onde as suas características levam a que, com frequência, existam oligopólios (mercado onde um pequeno número de empresas controlam a oferta, e por conseguinte o mercado), ou seja o número de vendedores é reduzido, quando comparado com o número de compradores.

Um indicador importante dos mercados é sua elasticidade. Esta, representa a sensibilidade de uma determinada grandeza, a variações noutra grandeza. Matematicamente, é traduzida como a variação percentual numa variável em resposta a uma variação de 1 %, noutra variável.

A elasticidade pode ser aplicada ao preço da procura, preço da oferta e ao rendimento de um mercado.

A procura no mercado de energia elétrica é considerada rígida, pelo que a sua elasticidade é muito reduzida. Uma variação no preço de energia elétrica pode originar mudanças na procura, porém essas mudanças são menores do que a variação verificada no preço. Este facto deve-se ao carácter essencial da energia elétrica e à inexistência de fontes alternativas. (Pacheco, 2010)

4.3. Condicionamento da procura

O termo condicionamento da procura ou *Demand Side Management (DSM)*, foi introduzido pela primeira vez em 1981 por um membro executivo da *Electric Power Research Institute*, que o utilizou para definir as medidas a implementar pelos sistemas elétricos internacionais, com o objetivo de influenciar a forma como os clientes consomem eletricidade. O condicionamento da procura é um conceito que engloba três vetores diferentes:

- Gestão da procura – a procura e a oferta de eletricidade na rede elétrica tem de ser equilibrada. Assim, existe uma monitorização e uma previsão sistemática da procura energética de modo a fornecer a quantidade necessária;
- Eficiência energética – usa tecnologia de modo a garantir o resultado esperado pelo cliente, utilizando menos energia;
- Conservação de energia – pressupõe um corte na energia que é desperdiçada. Está diretamente relacionada com o “sacrifício”, ou seja, da mudança de hábitos de consumo por parte dos clientes. (IEADSM, 2013)

Os três vetores são a base para as ações a tomar no condicionamento da procura. De facto, o condicionamento da procura refere-se às ações que podem ser tomadas com o objetivo de alterar o padrão de procura de eletricidade, seja do lado dos clientes, seja do lado do sistema elétrico.

Os programas de condicionamento da procura podem ser classificados segundo o seu foco e segundo as opções que são disponibilizadas aos clientes. Um programa de condicionamento da procura pode estar focado:

- No meio ambiente – com o objetivo de aumentar o uso energético eficiente, reduzindo a emissão de gases nocivos para o meio ambiente;
- Na rede elétrica – com o objetivo de reduzir problemas e aumentar a fiabilidade da rede elétrica;
- No mercado – com o objetivo de responder num curto espaço de tempo a condições no mercado elétrico.

Os mecanismos de condicionamento da procura de eletricidade têm-se tornado cada vez mais populares ao longo dos últimos anos. Enquanto no passado a procura de eletricidade não era ativamente gerida devido à possibilidade dos sistemas elétricos introduzirem novas centrais geradoras de energia, atualmente existe uma oposição a esta política, maioritariamente devido aos impactos negativos para o meio ambiente. (Strbac, 2008)

A introdução de programas e ferramentas de condicionamento da procura de energia tem sido desencadeada pela expectativa de aumentar a eficiência dos sistemas atuais de produção, transporte e distribuição de eletricidade. Adicionalmente, existe um conjunto de outros fatores que aceleram a introdução de programas de condicionamento de procura, como as mudanças climáticas, o desenvolvimento de sistemas de informação e comunicação e a cada vez mais assumida necessidade de modernizar uma rede de

eletricidade que não acompanhou as evoluções tecnológicas das últimas décadas, sendo cada vez mais consensual que a infraestrutura atualmente existente está envelhecida e ultrapassada.

A procura crescente de energia, a subida em flecha dos preços do petróleo, a incerteza do aprovisionamento energético e o aquecimento global, reforçam a urgência de tomada de decisões nas áreas da energia e do ambiente. (Strbac, 2008) e (Abigail, 2008)

4.3.1. Principais benefícios e desafios

Os programas de condicionamento da procura geram uma série de benefícios transversais a toda a cadeia de valor da energia elétrica, desde o produtor até ao cliente final.

Uma gestão eficiente da procura de energia elétrica permite ao setor elétrico reduzir os consumos, poupando energia. Adicionalmente, permite tirar partido da máxima capacidade da infraestrutura de distribuição de eletricidade reduzindo a necessidade de investimentos na construção de novas linhas e na expansão da rede de distribuição. Duas partes têm de colaborar para a construção de um sistema de gestão da procura: o setor elétrico constituído por toda a sua infraestrutura de transporte e distribuição e o consumidor. Num esquema de colaboração, as duas partes têm o objetivo de maximizar as suas poupanças, salvaguardando os ganhos da outra.

De seguida enumeram-se os principais benefícios dos programas e ferramentas de condicionamento de procura:

- Reduzir a margem de produção energética – a capacidade total de produção de uma central elétrica tem de ser superior à procura expectável, de modo a poder responder a situações extraordinárias na produção disponível ou a variações bruscas na procura. Esta situação representa uma oportunidade para a DSM. Em vez de se recorrer a uma margem de produção e que seria usada raramente, a DSM permitirá a participação ativa dos consumidores residenciais que estejam dispostos a reduzir drasticamente o seu consumo de energia, quando assim for necessário;
- Reduzir o investimento nas redes de transporte e distribuição aumentando a eficiência da operação – a segurança que existe para uma rede elétrica suportar situações de interrupção no fornecimento de energia baseiam-se em medidas preventivas. Estas medidas implicam que a rede elétrica seja menos eficiente, de modo a poder suportar interrupções que ocorrem raramente. Esta filosofia implica

custos de operação elevados e uma baixa utilização da capacidade da rede elétrica na grande maioria do tempo. Uma abordagem alternativa seria passar para um paradigma de manutenção corretiva, que assegurasse medidas apropriadas que permitissem reduzir os impactos de uma situação de interrupção do fornecimento, reduzindo a carga em alguns pontos na rede de forma dinâmica em colaboração com os consumidores que aceitariam reduzir o seu consumo para níveis suportáveis se lhes fosse requerido;

- Gestão do balanço energético em sistemas integrados com fontes renováveis – as fontes de energia renováveis terão um papel cada vez mais preponderante na geração de eletricidade, tendo em conta a necessidade de redução de emissões de CO₂ para a atmosfera. No entanto, existe uma incerteza associada à própria natureza das energias renováveis, devido à variabilidade das fontes e à impossibilidade de as controlar. Os programas de condicionamento da procura permitem controlar a energia que é gasta em cada fonte, renovável e não renovável, balanceando de forma dinâmica a quantidade de eletricidade proveniente de fontes renováveis e a quantidade proveniente de combustíveis fósseis que é utilizada, tendo em conta a procura e a capacidade de produção;
- Gestão da geração distribuída – a mudança de paradigma da atual produção de energia centralizada em larga escala para uma rede de eletricidade fornecida por sistemas de geração distribuída e renovável, levará a um aumento significativo de eficiência global do sistema energético. (Strbac, 2008)

O conceito de condicionamento da procura não é novo e as tecnologias chave que possibilitem o aparecimento de medidas e ferramentas que suportem os seus conceitos estarão já desenvolvidas. No entanto, a implementação da DSM tem vindo a ser realizada a um ritmo relativamente baixo. De seguida, apresentam-se os principais desafios que a implementação de sistemas de DSM encontra:

- Falta da aplicação de tecnologias de informação e comunicação – sistemas de controlo de consumos, contadores inteligentes e outras tecnologias de informação estão ainda consideravelmente ausentes dos sistemas de energia. A implementação de sistemas de DSM implica o desenvolvimento e instalação de sensores e tecnologias de controlo do lado da rede e do lado do consumidor, aliados a sistemas de comunicação que facilitem o controlo dos dispositivos da rede, nomeadamente geradores e pontos de carga;
- Fraca perceção dos benefícios da DSM – embora os benefícios dos sistemas de condicionamento da procura sejam conceptualmente aceites como muito vantajosos

para os sistemas elétricos, existem lacunas relacionadas com a falta de metodologias ou planos de negócio que permitam perceber de uma forma concreta quais os benefícios que possam advir da implementação de ferramentas de DSM;

- Aumento da complexidade da operação do sistema elétrico – a complexidade de operação de um sistema que preveja uma manutenção corretiva é relativamente elevado. Terá de haver um balanceamento em termos de complexidade de operação e manutenção ou redução de custos que justifique a sua implementação. (Strbac, 2008)

4.4. Serviço de interruptibilidade

Com o objetivo de garantir num curto prazo de tempo, que a procura garanta o abastecimento, utilizam-se mecanismos de interruptibilidade, cujo valor deve ser reconhecido. Na medida em que, por via da possibilidade de interromper o fornecimento aos consumidores aderentes a esse mecanismo, se cubram os picos da procura, defende-se a racionalidade de estabelecer um referencial comum. (EDP, 2013)

A segurança do abastecimento pode ser conseguida através de mecanismos de atuação sobre a oferta, garantindo a existência de capacidade instalada no sistema e incentivando a disponibilidade dessa capacidade quando solicitada, ou também pela atuação do lado da procura, sendo os incentivos à eficiência energética, os mecanismos de interruptibilidade e de controlo ativo de cargas não prioritárias (demand response) alguns exemplos de atuação sobre o consumo.

A portaria n.º 592/2010 de 29 de julho, estabelece as condições aplicáveis ao serviço de interruptibilidade a prestar por um consumidor de eletricidade ao operador de sistema, bem como o regime retributivo do referido serviço e as penalizações associadas a eventuais incumprimentos, no sentido de harmonizar as condições de interruptibilidade no mercado ibérico.

O artigo 4º da referida portaria estabelece que a ERSE deve aprovar, sob proposta do operador da rede de transporte, as especificações do sistema informático de comunicações, execução e controlo da interruptibilidade que permita a verificação da disponibilidade para reduzir a potência, a comunicação das ordens de redução de potência, a verificação do seu cumprimento e o processo de seleção dos consumidores para deslastre nas situações de acionamento de interruptibilidade. (ERSE, 2013)

Na formulação de um mecanismo de interruptibilidade considera-se importante observar alguns aspetos:

- O mecanismo de interruptibilidade deverá incentivar a adesão de grandes clientes, na medida em que a própria gestão do sistema é facilitada se for interrompido um pequeno número de clientes com grandes consumos ao invés de um grande número de clientes com consumos mais baixos;
- A adesão a este mecanismo deverá ser voluntária, prevendo-se penalidades para os aderentes que, quando confrontados com uma situação de necessidade de interrupção de fornecimento, o não façam;
- O mecanismo deverá ser suficientemente flexível para acomodar as especificidades dos principais tipos de consumidores, a nível de tempo de pré-aviso necessário para se proceder à interrupção do fornecimento;
- O mecanismo de interruptibilidade tipicamente consubstancia-se num desconto no valor da fatura, associado à potência interruptiva contratada. (EDP, 2013)

Todos os consumidores de eletricidade com tarifa regulada, e que disponham de uma potência contratada superior a 2 000 horas com uma média superior a 4 MW no último ano civil, podem aceder ao regime de interruptibilidade. (Portaria 592, 2010)

Os regimes de descontos estão divididos em duas modalidades, que diferem no número de horas de interrupções:

Modalidade a

Abrange 2 tipos de interrupções:

- Tipo 1 – caracterizada por uma duração de 16 horas, com pré-aviso mínimo de 4 horas;
- Tipo 2 – caracterizada por uma duração de 4 horas, com pré-aviso mínimo de 1 hora.

O desconto base mensal (db) é dado por:

$$db = 0,55 \times TGCS \times PI \quad (\text{Equação 1})$$

Em que TGCS é o preço associado ao investimento em turbinas a gás de ciclo simples correspondente a uma mensalidade de 4,34 €/KW. PI é a potência interruptível em kW, que é equivalente à média da potência contratada nos últimos 12 meses.

Modalidade b

Abrange 3 tipos de interrupções:

- Tipo 1 – caracterizada por uma duração de 16 horas, com pré-aviso mínimo de 4 horas;
- Tipo 2 – caracterizada por uma duração de 4 horas, com pré-aviso mínimo de 1 hora;
- Tipo 3 – caracterizada por uma duração de 2 horas, com pré-aviso mínimo de 30 minutos.

O desconto base mensal (db) é dado por:

$$db = 0,72 \times TGCS \times PI \quad (\text{Equação 2})$$

A remuneração de disponibilidade fica limitada a um valor máximo de € 18/MWh, calculado através das fórmulas acima. (Portaria 200, 2012)

O cálculo do custo de oportunidade (que é um dos objetivos desta dissertação) permite uma gestão eficiente da procura energética, beneficiando o consumidor em preço. A gestão própria de energia (GPE), ocorre quando o consumidor gere os seus próprios consumos, e é calculada da seguinte forma:

$$\text{Gestão própria de energia} = \text{Custo de oportunidade} \times \text{Potência interruptível} \\ (\text{Equação 3})$$

Quando comparamos o custo de oportunidade com o desconto base mensal (aplicável às duas modalidades) permite verificar se o regime de interruptibilidade é ou não eficiente. Assim, quando:

$$\sum \text{Gestão própria de energia} < \text{Desconto base mensal}$$

O regime de interruptibilidade é suficiente para promover uma poupança nos consumos energéticos.

Por outro lado, quando:

$$\sum \textit{Gestão própria de energia} > \textit{Desconto base mensal}$$

O regime de interruptibilidade não está adequada a remunerar devidamente o consumidor Interruptível, como tal não promove uma poupança dos consumos. (Pacheco, 2010)

5. Estudo empírico

5.1 Metodologia

Os dados que serviram como base à dissertação foram recolhidos no *site* do OMIE (fonte: <http://www.omie.es/files/flash/ResultadosMercado.swf>). Consideraram-se os dados referentes ao mercado diário para o ano de 2012. Foi considerado o mercado diário uma vez que a maioria da liquidez da energia transacionada é feita neste mercado, em que o nível de liquidez do mercado é medido pelo número de transações de compra e venda de um bem ou serviço.

Os dados recolhidos foram o dia, hora, local de produção, curva de venda casada e curva de compra casada (as curvas casadas incluem o preço agregado e a quantidade agregada). A curva de venda casada é constituída pelas ofertas de venda colocadas no mercado e que foram economicamente transacionadas por apresentarem ofertas de preço inferior ou igual ao preço marginal. A curva de compra casada é constituída pelas ofertas de compra colocadas no mercado e que foram economicamente transacionadas por apresentarem ofertas em preço superior ou igual ao preço marginal. (Pacheco, 2010)

No quadro 3 podemos verificar os dados necessários à dissertação, utilizando como exemplo o dia 1 de janeiro de 2012, horas 1 e 2.

Data	Hora	Local de produção	Preço de venda (€)	Quantidade agregada (MW)
01.01.2012	1	ACAVADO	51,43	305,0
		ADOUINT	23,29	265,6
		ADOUNAC	26,60	200,0
		ALIMA	55,58	10,0
		EDPSVD1	0,00	1 316,2
		GUADIA	54,19	142,0
		LARES2	30,00	247,0
		RPG02	8,00	186,0
		SINES1	25,95	295,0
		SINES2	25,95	295,0
		SINES3	0,50	90,0
		SINES4	0,50	90,0

Data	Hora	Local de produção	Preço de venda (€)	Quantidade agregada (MW)
		TEMON	30,95	112,0
	2	ACAVADO	49,46	180,0
		ADOUINT	13,03	200,0
		ADOUNAC	52,20	50,0
		EDPSVD1	0,00	1 208,3
		GUADIA	52,69	0,7
		LARES2	30,00	246,0
		RPG02	9,00	185,0
		SINES1	25,76	295,0
		SINES2	25,73	295,0

Quadro 3 – Curva de venda casada: preço de venda e quantidade agregada para o dia 01.01.2012, horas 1 e 2.

Com os dados obtidos determinou-se, para cada hora do dia, o preço máximo de venda assim como a quantidade total de energia:

Data	Hora	Local de produção	Preço de venda (€)	Quantidade agregada (MW)	Preço máximo de venda (€)	Quantidade total de venda (MW)
01.01.2012	1	ACAVADO	51,43	305,0	55,58	3 553,8
		ADOUINT	23,29	265,6		
		ADOUNAC	26,60	200,0		
		ALIMA	55,58	10,0		
		EDPSVD1	0,00	1 316,2		
		GUADIA	54,19	142,0		
		LARES2	30,00	247,0		
		RPG02	8,00	186,0		
		SINES1	25,95	295,0		
		SINES2	25,95	295,0		
		SINES3	0,50	90,0		
		SINES4	0,50	90,0		
	TEMON	30,95	112,0			
	2	ACAVADO	49,46	180,0	52,69	2 660,0
		ADOUINT	13,03	200,0		
		ADOUNAC	52,20	50,0		
		EDPSVD1	0,00	1 208,3		
		GUADIA	52,69	0,7		
		LARES2	30,00	246,0		
		RPG02	9,00	185,0		
		SINES1	25,76	295,0		

		SINES2	25,73	295,0		
--	--	--------	-------	-------	--	--

Quadro 4 – Quantidade total de energia e preço máximo de venda para o dia 01.01.2012, horas 1 e 2.

O procedimento referido no quadro 4 foi repetido para as 24 horas dos 366 dias do ano de 2012 (ano bissexto), para as curvas de compra e de venda casada. No caso da curva de venda casada obteve-se o preço máximo de venda e a quantidade total de venda. Na curva de compra casada obteve-se o preço máximo de compra e a quantidade total de compra.

Concluído o passo anterior, procedeu-se ao cálculo da quantidade de energia importada e da energia exportada. Os valores da energia exportada foram desprezados uma vez que eles não entram para o cálculo do custo de oportunidade, nem para o cálculo do regime de interruptibilidade, já que na situação em que existe excesso de procura dirigida ao sistema português, existe o incentivo de interruptibilidade. Para critérios de simplificação adotou-se este regime visto que também poderia existir um custo de oportunidade entre interromper os consumidores em Portugal e beneficiar na exportação para Espanha, que do ponto de vista da política energética nacional, é questionável, já que esta situação pode beneficiar diretamente os consumidores em Espanha. Para os blocos de energia importados de Espanha (limitados à capacidade de interligação disponível) o preço a considerar, foi o preço praticado pelo mercado espanhol.

Dia	Hora	Quantidade total de venda (MW)	Quantidade total de compra (MW)	Preço Espanha (€)	Diferença (compra-venda) (MW)	Importação/Exportação
01-01-2012	1	3 553,8	5 353,8	46,02	1 800,0	Importação
01-01-2012	2	2 660,0	5 060,0	46,01	2 400,0	Importação
01-01-2012	3	2 315,9	4 715,9	37,00	2 400,0	Importação
01-01-2012	4	2 018,1	4 418,1	33,00	2 400,0	Importação
04-01-2012	8	4 893,4	5 050,5	46,69	157,1	Importação
04-01-2012	9	5 728,1	5 532,9	49,72	-195,2	Exportação
04-01-2012	10	6 054,7	6 279,5	49,72	224,8	Importação

Quadro 5 – Exemplificação da determinação da quantidade de energia importada e exportada, para os dias 01 e 04.01.2012, horas 1, 2, 3, 4 e 8, 9 e 10, respetivamente.

No caso de existir importação, a quantidade importada e o respetivo preço foram adicionados aos valores iniciais (quadro 3), uma vez que estes valores são tidos em conta para o cálculo do custo de oportunidade e do regime de interruptibilidade.

De seguida, colocaram-se os preços de venda por ordem crescente e determinou-se a quantidade de energia de venda acumulada.

Dia	Hora	Local de produção	Preço de venda (€)	Quantidade de venda agregada (MW)	Quantidade de energia de venda acumulada (MW)
01.01.2012	1	EDPSVD1	0,00	1 316,20	1 316,20
		SINES3	0,50	90,00	1 406,20
		SINES4	0,50	90,00	1 496,20
		RPG02	8,00	186,00	1 682,20
		ADOUINT	23,29	265,60	1 947,80
		SINES1	25,95	295,00	2 242,80
		SINES2	25,95	295,00	2 537,80
		ADOUNAC	26,60	200,00	2 737,80
		LARES2	30,00	247,00	2 984,80
		TEMON	30,95	112,00	3 096,80
		Importação	46,02	1 800,00	4 896,80
		ACAVADO	51,43	305,00	5 201,80
		GUADIA	54,19	142,00	5 343,80
	ALIMA	55,58	10,00	5 353,80	
	2	EDPSVD1	0,00	1 208,30	1 208,30
		RPG02	9,00	185,00	1 393,30
		ADOUINT	13,03	200,00	1 593,30
		SINES2	25,73	295,00	1 888,30
		SINES1	25,76	295,00	2 183,30
		LARES2	30,00	246,00	2 429,30
		Importação	46,01	2 400,00	4 829,30
		ACAVADO	49,46	180,00	5 009,30
ADOUNAC		52,20	50,00	5 059,30	
GUADIA		52,69	0,70	5 060,00	

Quadro 6 – Exemplificação da determinação da quantidade acumulada de energia, para os dias 01.01.2012, horas 1 e 2.

No ano de 2012, os resultados do regime de interruptibilidade (fonte: REN) foram:

Mês	Modalidade a		Modalidade b	
	N.º de clientes	Potência Interruptível (MW)	Nº de clientes	Potência Interruptível (MW)
Jan-12	44	626,394	43	613,704
Fev-12	44	626,394	43	613,704
Mar-12	44	626,394	43	613,704
Abr-12	44	626,394	43	613,704
Mai-12	44	626,394	43	613,704
Jun-12	44	626,394	43	613,704
Jul-12	44	626,394	43	613,704
Ago-12	45	630,394	44	617,704
Set-12	45	630,394	44	617,704
Out-12	45	630,394	44	617,704
Nov-12	47	640,680	45	622,997
Dez-12	47	640,680	45	622,997

Quadro 7 – Resultados do regime de interruptibilidade em 2012: número de clientes e potência Interruptível.

Fonte: REN.

Com os resultados obtidos como exemplificado no quadro 6 e com os resultados obtidos para o regime de interruptibilidade (quadro 7), é possível calcular a potência e respetivo preço, para as modalidades a e b.

$$Potência (modalidade a, b) = Quant. energia acum. - Pot. interruptível (modalidade a, b)$$

(Equação 4)

Vejamos como exemplo o dia 01.01.2012, hora 1:

$$Potência (modalidade a) = 5\,353,80 - 626,394 = 4\,727,41 \text{ MW}$$

$$Potência (modalidade b) = 5\,353,80 - 613,704 = 4\,740,10 \text{ MW}$$

Para o cálculo da potência, após aplicação do regime de interruptibilidade, utiliza-se a equação 4. Ou seja, no caso da potência da modalidade a, a potência inicial era 5 353,80 MW a um preço de 55,58 €, após aplicação do regime de interruptibilidade a potência é 4 727,41 MW a um preço de 46,02 € (o preço obtido é dado pelos valores obtidos no quadro 6, onde o preço a considerar é o preço onde está contida a potência calculada pela equação 4).

Assim sendo, o custo de oportunidade é obtido a partir da seguinte expressão:

$$\text{Custo de oportunidade} = \text{Preço inicial} - \text{preço simulado} \quad (\text{Equação 5})$$

Calculou-se o custo de oportunidade para todos os dias e respetivas horas:

Data	Potência (MW) Modalidade a	Potência (MW) Modalidade b	Preço inicial (€)	Custo de oportunidade (€) Modalidade a	Custo de oportunidade (€) Modalidade b
01.01.2012	4 727,41	4 740,10	55,58	46,02	46,02
	4 433,61	4 446,30	52,69	46,01	46,01
	4 089,51	4 102,20	46,25	37,00	37,00
	3 791,71	3 804,40	46,62	33,00	33,00
	3 692,31	3 705,00	25,79	25,79	25,79

Quadro 8 – Resultados do cálculo do custo de oportunidade para as modalidades a e b, para o dia 01.01.2012, horas 1, 2, 3, 4 e 5.

5.2 Resultados obtidos

Tal como referido anteriormente, um dos objetivos é verificar qual é a forma de gestão eficiente da e mais rentável para o consumidor: o regime de interruptibilidade (através do cálculo do desconto base mensal) ou a gestão própria de energia (ou seja, o consumidor gere a sua energia de forma autónoma).

Com os resultados obtidos nos quadros anteriores é possível calcular o desconto base mensal assim como a gestão própria do consumo (que é igual ao produto do custo de oportunidade pela potência Interruptível).

Uma vez que as modalidades a e b estão subdivididas em tipos, foram consideradas as várias potências interruptíveis, através da seguinte expressão:

$$Potência interruptível (PI) = \frac{pot. interruptível \times n.º \text{ horas interrupção}}{24 \text{ horas}}$$

(Equação 6)

O desconto base mensal (db) foi calculado com base nas equações 1 e 2 e a gestão própria de energia (GPE) foi calculada com base na equação 3.

Os resultados do db e da GPE para os doze meses do ano de 2012, estão refletidos na seguinte tabela.

Mês	Caracterização do db		PI (MW)	Número clientes	db (M€)	GPE (M€)	db – GPE (k€)	$\frac{db}{GPE}$
Janeiro	Modalidade a	tipo 1	417,60	44	1,00	0,03	970,00	35,28
		tipo 2	104,40		0,25	0,01	240,00	35,28
	Modalidade b	tipo 1	409,14	43	1,28	0,03	1 250,00	46,18
		tipo 2	102,28		0,32	0,01	310,00	46,18
		tipo 3	51,14		0,16	0,00	160,00	46,18
Fevereiro	Modalidade a	tipo 1	417,60	44	1,00	0,02	980,00	46,29
		tipo 2	104,40		0,25	0,01	240,00	46,29
	Modalidade b	tipo 1	409,14	43	1,28	0,02	1 260,00	60,59
		tipo 2	102,28		0,32	0,01	310,00	60,59
		tipo 3	51,14		0,16	0,00	160,00	60,59
Março	Modalidade a	tipo 1	417,60	44	1,00	0,01	990,00	104,61
		tipo 2	104,40		0,25	0,00	250,00	104,61
	Modalidade b	tipo 1	409,14	43	1,28	0,01	1 270,00	136,95
		tipo 2	102,28		0,32	0,00	320,00	136,95
		tipo 3	51,14		0,16	0,00	160,00	136,95
Abril	Modalidade a	tipo 1	417,60	44	1,00	0,03	960,00	28,91
		tipo 2	104,40		0,25	0,01	240,00	28,91
	Modalidade b	tipo 1	409,14	43	1,28	0,03	1 240,00	37,85
		tipo 2	102,28		0,32	0,01	310,00	37,85
		tipo 3	51,14		0,16	0,00	160,00	37,85
Maio	Modalidade a	tipo 1	417,60	44	1,00	0,04	960,00	26,97
		tipo 2	104,40		0,25	0,01	240,00	26,97

Mês	Caracterização do db		PI (MW)	Número clientes	db (M€)	GPE (M€)	db – GPE (k€)	$\frac{db}{GPE}$
	Modalidade b	tipo 1	409,14	43	1,28	0,04	1 240,00	35,31
		tipo 2	102,28		0,32	0,01	310,00	35,31
		tipo 3	51,14		0,16	0,00	160,00	35,31
Junho	Modalidade a	tipo 1	417,60	44	1,00	0,01	990,00	102,94
		tipo 2	104,40		0,25	0,00	250,00	102,94
	Modalidade b	tipo 1	409,14	43	1,28	0,01	1 270,00	134,76
		tipo 2	102,28		0,32	0,00	320,00	134,76
		tipo 3	51,14		0,16	0,00	160,00	134,76
Julho	Modalidade a	tipo 1	417,60	44	1,00	0,04	960,00	24,68
		tipo 2	104,40		0,25	0,01	240,00	24,68
	Modalidade b	tipo 1	409,14	43	1,28	0,04	1 240,00	32,30
		tipo 2	102,28		0,32	0,01	310,00	32,30
		tipo 3	51,14		0,16	0,00	150,00	32,30
Agosto	Modalidade a	tipo 1	420,26	44	1,00	0,04	960,00	24,14
		tipo 2	105,07		0,25	0,01	240,00	24,14
	Modalidade b	tipo 1	411,80	45	1,29	0,04	1 250,00	31,60
		tipo 2	102,95		0,32	0,01	310,00	31,60
		tipo 3	51,48		0,16	0,00	150,00	31,60
Setembro	Modalidade a	tipo 1	420,26	44	1,00	0,03	970,00	29,27
		tipo 2	105,07		0,25	0,01	240,00	29,27
	Modalidade b	tipo 1	411,80	45	1,29	0,03	1 250,00	38,32
		tipo 2	102,95		0,32	0,01	310,00	38,32
		tipo 3	51,48		0,16	0,00	160,00	38,32
Outubro	Modalidade a	tipo 1	420,26	44	1,00	0,02	980,00	44,99
		tipo 2	105,07		0,25	0,01	250,00	44,99
	Modalidade b	tipo 1	411,80	45	1,29	0,02	1 260,00	58,90
		tipo 2	102,95		0,32	0,01	320,00	58,90
		tipo 3	51,48		0,16	0,00	150,00	58,90
Novembro	Modalidade a	tipo 1	427,12	47	1,02	0,06	960,00	17,29
		tipo 2	106,78		0,25	0,01	240,00	17,29
	Modalidade b	tipo 1	415,33	45	1,30	0,06	1 240,00	22,63
		tipo 2	103,83		0,32	0,01	310,00	22,63
		tipo 3	51,92		0,16	0,01	160,00	22,63

Mês	Caracterização do db		PI (MW)	Número clientes	db (M€)	GPE (M€)	db – GPE (k€)	$\frac{db}{GPE}$
Dezembro	Modalidade a	tipo 1	427,12	47	1,02	0,06	960,00	17,00
		tipo 2	106,78		0,25	0,01	240,00	17,00
	Modalidade b	tipo 1	415,33	45	1,30	0,06	1 240,00	22,26
		tipo 2	103,83		0,32	0,01	310,00	22,26
		tipo 3	51,92		0,16	0,01	150,00	22,26

Quadro 9 – Resultados obtidos do desconto base mensal e da gestão própria de consumo.

Como podemos verificar os resultados obtidos são muito semelhantes, nomeadamente no db e GPE, como tal, para uma mais fácil análise, podemos fazer a média dos mesmos:

Ano	Caracterização do db		PI (MW)	Número clientes	db (M€)	GPE (M€)	db – GPE (k€)	$\frac{db}{GPE}$
2012	Modalidade a	tipo 1	419,85	45	1,00	0,03	970,00	41,03
		tipo 2	104,96		0,25	0,01	240,00	41,03
	Modalidade b	tipo 1	410,81	44	1,29	0,03	1 251,67	54,81
		tipo 2	102,71		0,32	0,01	312,50	54,81
		tipo 3	51,36		0,16	0,00	156,67	54,81

Quadro 10 – Resultados médios obtidos do desconto base mensal e da gestão própria de consumo.

Ao analisarmos os resultados obtidos, verificamos que os consumidores que optam pelo regime de interruptibilidade podem obter um desconto base mensal de aproximadamente 1,00 M€ para a modalidade a – tipo 1, e de 1,29 M€ para a modalidade b – tipo 1. Em termos individuais, falamos de poupanças na ordem de aproximadamente 267 k€ (valor anual por cliente que aderiu ao regime de interruptibilidade) para a modalidade a e 350 k€ para a modalidade b (valor anual por cliente que aderiu ao regime de interruptibilidade).

Os resultados obtidos do desconto base mensal são superiores aos resultados da gestão de própria de energia, o que permite concluir que o regime de interruptibilidade permite promover a poupança dos consumos.

No caso da modalidade a poupança pelo db é cerca de 41 vezes superior ao regime GPE. Essa poupança ainda é mais acentuada no caso da modalidade b.

5.3 Resultados obtidos

Os dados obtidos permitem-nos validar as hipóteses formuladas anteriormente:

Hipótese 1 – No regime de interruptibilidade o tipo 1, quer na modalidade a quer na modalidade b, é o regime onde o prémio pago tem um valor superior.

Quer na modalidade a, quer na modalidade b, o prémio do desconto base mensal é superior no tipo 1, o que se justifica pelo facto deste tipo ser caracterizado por uma interrupção com maior duração (16 horas). Também verificamos que a modalidade b é mais bem recompensada em termos monetários, justificada pela interrupção do tipo 3 que tem uma duração de 2 horas, com pré-aviso de 30 minutos.

Hipótese 2 – O regime de interruptibilidade permite uma poupança superior ao regime de gestão própria de energia.

O regime de interruptibilidade permite uma maior poupança do que o regime de gestão própria de energia. Esses valores são maiores no caso da modalidade b, que podem chegar aos 1 300 k€ para um total do 43 clientes, o que pode corresponder a uma poupança média de, aproximadamente, 30 232 € por consumidor (valor mensal).

5.4 Validação dos dados

Os dados obtidos foram validados através de uma entrevista (guião de entrevista no anexo I) ao Eng.º Ricardo Pacheco, da Direção de Mercados e Consumidores da Entidade Reguladora do Setor Energético.

Qual a importância da energia no contexto atual?

No contexto atual, a energia é um fator de extrema relevância para o desenvolvimento económico das sociedades. A energia é a força-motriz que realiza trabalho e consequentemente com o trabalho vem a geração de produtos e serviços. Para que estes produtos e serviços sejam competitivos, num mercado globalizado como o conhecemos hoje, a determinação dos custos associados à geração de produtos e serviços, é já por si determinante na formação do preço final dos mesmos. O custo da energia é assim um *driver* determinante para o crescimento económico.

As alterações climáticas, motivadas pelo aumento de gases de efeito estufa na nossa atmosfera, levaram os países mais industrializados a adotarem políticas energéticas de desenvolvimento sustentável, de forma a reduzirem as emissões resultantes da combustão de hidrocarbonetos e a estarem menos dependentes do consumo de combustíveis fósseis. Interessa, pois do ponto de vista social e económico, a definição do mix energético de forma a responder às necessidades de uma procura mais eficiente, minorando as consequências ambientais e a dependência dos combustíveis fósseis. A consequência da implementação de políticas energéticas impactam também a formação dos preços da energia no curto e no longo-prazo, determinando a competitividade da economia no contexto macro e microeconómico, levando à existência de mais ou menos recursos de apoio à I&D e majorando ou minorando os impactes ambientais de acordo com as opções tecnológicas escolhidas.

- Qual a importância das redes energéticas inteligentes numa gestão eficiente da procura energética?

A inovação não é por si as denominadas *smart grids* mas todo o processo telemático assente em comunicação de informação em tempo-real, de forma a possibilitar uma gestão mais refinada dos fluxos de energia nas redes de distribuição de forma a minimizar perdas e custos associados à energia distribuída.

Estas tecnologias permitem às empresas distribuidoras realizar uma melhor integração e gestão dos consumos e da produção descentralizada (nomeadamente a microprodução, a miniprodução e as renováveis). Todo este mecanismo pode acarretar poupanças para o consumidor, mediante uma análise de custo-benefício, visto que a implementação tecnológica desta solução acarreta custos de investimento que em principio seriam socializados mediante pagamentos de tarifas.

- Qual a importância e o significado do aumento da potência interruptível?

O aumento da potência interruptível do lado da procura, possibilita o Gestor de Sistema, de forma a minimizar os custos de funcionamento com o Sistema. Este mecanismo, em períodos de baixa hidraulicidade e eolicidade, pode ser vantajoso de forma a evitar que centrais térmicas de *backup* com o custo marginal mais elevado entrem para satisfação do consumo, de modo a alisar as pontas com tecnologias mais eficientes e competitivas, de modo a beneficiar o sistema elétrico como um todo. Também possibilita uma maior

racionalização dos consumos, sinalizando para que o consumidor desloque o seu consumo para horas de vazio, beneficiando assim de preços mais baixos.

- Pode, por favor, comentar a validação dos dados obtidos, onde se conclui que os valores que estão a ser pagos são superiores aos valores reais.

Efetivamente, e de acordo com as simulações realizadas para o ano de 2012, usando como referência o mercado diário do OMIE para Portugal, os valores da interruptibilidade são superiores aos valores obtidos pela gestão de procura da energia, reduzindo a procura pela energia equivalente à potência interruptível. Tais resultados indicam que os pagamentos devidos ao regime de interruptibilidade aos consumidores que adiram a este regime são benéficos para estes, pois o custo de oportunidade sinalizado pelas variações da procura em mercado diário, indicam uma vantagem económica para os consumidores que tenham aderido a este regime.

A entrevista ao Eng.º Ricardo Pacheco permitiu a validação dos dados, assim como validar as hipóteses colocadas nesta dissertação.

6. Conclusões

A energia, nas suas mais diversas formas, está presente em tudo aquilo que fazemos.

A energia elétrica foi a forma de energia abordada neste estudo, devido à sua importância na sociedade atual, que está em constante transformação e evolução. Para fazer face a estas alterações, surgiram as redes energéticas inteligentes que têm como objetivo uma gestão mais eficiente da procura, através da aposta nas energias renováveis e nas tecnologias envolvidas.

Uma limitação da energia elétrica é o facto de não poder ser armazenada, como tal é produzida consoante as necessidades. Para compensar esta limitação tem de haver um balanceamento entre a oferta e a procura, de modo a evitar excesso de oferta ou por outro lado, falhas no abastecimento.

Esta gestão eficiente da procura energética é possível com as redes energéticas inteligentes e com outras ferramentas, nomeadamente o regime de interruptibilidade. Este regime permite interromper o fornecimento energético aos consumidores aderentes, de modo a cobrir os picos de procura.

O regime de interruptibilidade permite atribuir um prémio ao cliente/consumidor aderente que no ano de 2012, variou entre 260 k€ e 990 k€, para a modalidade a, e entre os 160 k€ e os 1 270 k€, para a modalidade b (os valores descritos são valores mensais e englobam a totalidade dos clientes que aderiram ao regime de interruptibilidade).

O regime de interruptibilidade desenhado em Portugal é favorável e dá sinais de incentivo a uma melhor gestão dos consumos.

O prémio pago pode ser um incentivo aos clientes de procurarem soluções de alocação eficiente do consumo e/ou adotarem soluções de geração alternativas à ligação à rede. Relativamente a estas soluções, as redes energéticas inteligentes, no âmbito de uma gestão eficiente, são um auxílio inquestionável e podem ser parte da solução para uma melhor gestão do sistema elétrico, minorando os custos para os consumidores, desde que os custos de investimento associados sejam benéficos para o sistema e para o consumidor de energia.

Conclui-se então que o regime de interruptibilidade promove uma poupança do consumo quando comparado com a gestão energética de cada cliente, ou seja, se um cliente fizesse a sua própria gestão energética, não conseguiria um nível de poupança tão elevado.

7. Bibliografia

Abigail, S.. (2008). *Demand Responde*. NEEIC – New England Energy Innovation Collaborative.

Andrade, M. (2010). *Inovcity Évora – beyond metering, towards a smarter grid*. EDP Distribuição.

Carmo, H. e Ferreira, M. (1998). *Metodologia da Investigação: Guia para auto-aprendizagem*. Universidade Aberta.

Carrapatoso, A. M. e Gomes, F. M. (2009). *Projeto InovGrid – a evolução da rede de distribuição como resposta aos novos desafios do setor elétrico*. Efacec.

Carvalho, J.. (2009). *Metodologia do Trabalho Científico, “Saber-Fazer” da Investigação para a Dissertação e Teses*. Escolar Editora.

Davis, M. (2011). *Behavior and energy savings – evidence from a series of experimental interventions*. Environmental Defense Fund.

Desahies, B. (1992). *Metodologia da Investigação em Ciências Humana*. Instituto Piaget.

Despacho n.º 13416/2010, de 12 de agosto de 2010.

Eletricidade de Portugal (2012). *Fontes de energia*. Consultado em 04.01.2012, através de www.edp.pt.

Eletricidade de Portugal (2012). *Sistema Elétrico Português*. Consultado em 04.01.2012, através de www.edp.pt.

Eletricidade de Portugal (2012). *Centros produtores*. Consultado em 05.03.2013, através de www.edp.pt.

Eletricidade de Portugal (2012). *Regime de interruptibilidade*. Consultado em 07.05.2013, através de www.edp.pt.

Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. (2013). *Resumo informativo mercado liberalizado de eletricidade*. Consultado em 05.03.2013, através de www.erse.pt.

Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. (2013). *Atividades do sector*. Consultado em 05.03.2013 através de www.erse.pt.

Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. (2012). *Supervisão dos mercados*. Consultado em 18.08.2012, através de www.erse.pt.

Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. (2012). *Fatos e números – consumo de energia em Portugal*. Consultado em 19.08.2012, através de www.erse.pt.

Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. (2013). *Tarifas e preços*. Consultado em 06.02.2013, através de www.erse.pt.

Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. (2012). *Fatos e números – sistema de energia elétrica*. Consultado em 09.09.2012, através de www.erse.pt.

Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. (2013). *Resumo informativo mercado liberalizado de eletricidade*. Consultado em 05.03.2013, através de www.erse.pt.

Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. (2010). *Procedimento do sistema de comunicações, execução e controlo do serviço de interruptibilidade*. Consultado em 07.05.2013, através de www.erse.pt.

EPEXSPOT European Power Exchange. *Market splitting*. Consultado em 12.05.2013, através de www.epexspot.com.

EREC. (2009). *Portugal – renewable energy policy review*. Consultado em 20.04.2013, através de www.erec.org.

Freixo, M. (2010). *Metodologias Científica – Fundamentos, Método e Técnicas*. 2ª edição. Instituto Piaget

Fundo de População das Nações Unidas (UNFPA), Relatório sobre a situação da População Mundial, 2011. Consultado em 30.04.2013, através de www.un.org.

Ganhão, A. (2011). *Projeto InovGrid vai ser alargado a mais de 100 mil habitantes*. Consultado em 04.01.2012, através de www.naturlink.sapo.pt

IEA International Energy Agency (2013). *Demand Side Management*. Consultado em 12.05.2013, através de www.ieadsm.org.

Messias, A. (2009). *Redes Inteligentes de Energia – Smart Grids*. Ordem dos Engenheiros.

OMIP The Iberian Energy Derivatives Exchange. *MIBEL*. Consultado em 07.05.2013, através de www.omip.pt.

Pacheco, R. (2010). *Econometric study of the Spanish electricity spot market and primary energy markets using VAR/VECM methodology (cointegration and nonstationary times series)*. ISCTE.

Paiva, J. (2011). *Redes de Energia Elétrica – uma análise sistémica*. IST Press.

Portaria n.º 592/2010, de 29 de Julho.

Portaria n.º 200/2012, de 2 de Julho.

Quivy, R. e Campenhoudt, L. V. (1998). *Manual de Investigação em Ciências Sociais*. 2.ª edição. Gradiva Publicações.

Rede Elétrica Nacional (2012). *Mapa da Rede Nacional de Transporte*. Consultado a 05.01.2012, através de www.centrodeinformacao.ren.pt.

Rede Elétrica Nacional (2013). *Caracterização da rede nacional de transporte para efeito de acesso à rede*. Consultado a 20.04.2013, através de www.centrodeinformacao.ren.pt.

Romero, I. e Palacio, C. (2012). *As redes inteligentes do futuro*. Mundo ABB. Consultado em 09.09.2012, através de www.abb.com

Strbac, G. (2008). *Demand Side Management: benefits and challenges*. Imperial College London.

Vidigal, A. (2012). O que eu preciso saber sobre... Energia, Revista Visão, n.º 987, p.23.

Voûte, R.. (2009). *Inspire: smart grids*. Logica.

Anexos

ANEXO I – Guião de entrevista

- Qual a importância da energia no contexto atual?
- Qual a importância das redes energéticas inteligentes numa gestão eficiente da procura energética?
- Qual a importância e o significado do aumento da potência interruptível?
- Pode, por favor, comentar a validar dos dados obtidos, onde se conclui que os valores que estão a ser pagos são superiores aos valores reais.