



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia de Sistemas de Potência e Automação



Simulação Interactiva do Mercado de Energia Eléctrica

BRUNO MIGUEL FERREIRA ADÃO

(Licenciado)

Dissertação para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Electrotécnica – ramo de Energia

Orientador:

Professor Doutor Jorge Alberto Mendes de Sousa

Júri:

Presidente: Professor Elmano da Fonseca Margato

1º Vogal: Professor Jorge Alberto Mendes de Sousa

2º Vogal: Professor Paulo Manuel Trigo Cândido da Silva

Setembro de 2011

Agradecimentos

Após mais uma etapa da minha vida, não posso deixar de agradecer a todas as pessoas que me apoiaram, durante esta minha vida académica e principalmente durante a minha vida pessoal.

A dissertação que levará à conclusão do mestrado, não é fruto apenas de um esforço individual da minha parte, mas de todas as pessoas que ao longo deste trabalho me têm acompanhado de perto e que me têm ajudado em momentos de maior dificuldade, a eles endereço os meus melhores cumprimentos e agradecimentos.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer ao Prof. Jorge de Sousa, pela orientação prestada e pela sua ideia de criação de um jogo de mercado de energia simples, que poderia ser jogado por qualquer jogador.

Em segundo lugar ao Prof. Paulo Trigo da área informática, que juntamente com o Eng. Paulo Marques, me acompanham na programação do jogo.

Em terceiro lugar, agradeço ao Instituto Superior de Engenharia de Lisboa e aos seus docentes, os quais me têm acompanhado ao longo da minha formação académica, dando-me bases para a minha vida profissional e conselhos para a minha vida pessoal. Graças a eles cheguei ao patamar onde me encontro actualmente.

E sendo os últimos normalmente os primeiros, expresso os mais sinceros agradecimentos aos meus pais, namorada, outros familiares, a todos os meus amigos e colegas, que de forma directa ou indirecta, contribuíram também para chegar onde cheguei.

Para todos os nomes referidos, e os que não foram referidos directamente, mas que estão sempre na memória e coração, o meu mais sincero obrigado.

Resumo

A área de comercialização de energia eléctrica conheceu uma profunda mudança após a liberalização do sector eléctrico, que levou à criação de algumas entidades, as quais gerem os mercados de electricidade europeus. Relativamente a Portugal e Espanha, durante esse processo de liberalização, deu-se também um acordo que os levou à criação de um mercado conjunto, um mercado Ibérico (MIBEL). Dentro deste mercado estão contemplados dois operadores, sendo que um deles representa o pólo Português (OMIP) e o outro representa o pólo Espanhol (OMEL).

O OMIP contempla os mercados a prazo, ou futuros, normalmente apresenta contratos de energia comercializada com durabilidade de semanas, meses, trimestres, semestres ou mesmo anos. Diariamente estes contratos poderão vencer no OMEL, que engloba os mercados, diário e intra-diário. Este, ao contrário do OMIP negocia para o dia seguinte (mercado diário) ou para uma determinada altura do dia (mercado intra diário). [1]

O mercado diário será o exemplo usado para a criação do simulador interactivo do mercado de energia eléctrica. Este será composto por diversos utilizadores (jogadores), que através de uma plataforma HTML irão investir em centrais de energia eléctrica, negociar licitações e analisar o funcionamento e resultados deste mercado.

Este jogo subdividir-se-á então em 3 fases:

1. Fase de investimento;
2. Fase de venda (licitações);
3. Fase de mercado.

Na fase do investimento, o jogador terá a possibilidade de adquirir unidades de geração de energia eléctrica de seis tipos de tecnologia:

1. Central a Carvão;
2. Central de Ciclo Combinado;
3. Central Hídrica;
4. Central Eólica;
5. Central Solar;
6. Central Nuclear.

Com o decorrer dos jogadas o jogador poderá aumentar a sua capacidade de investimento, com a venda de energia, sendo o vencedor aquele que mais saldo tiver no fim do número de jogadas

previamente definidos, ou aquele que mais depressa atingir o saldo definido como limite pelo administrador do jogo.

A nível pedagógico este simulador é muito interessante pois para além de o utilizador ficar a conhecer as tecnologias em causa e as vantagens e desvantagens das centrais de energia renovável e das centrais a combustíveis fósseis, este ganha igualmente uma sensibilidade para questões de nível ambiental, tais como o aumento dos gases de estufa e o degelo resultante do aquecimento global provocado por esses gases. Para além do conhecimento adquirido na parte de energia eléctrica este jogo dará a conhecer ao utilizador o funcionamento do mercado da energia eléctrica, bem como as táticas que este poderá usar a seu favor neste tipo de mercado.

Palavras-chave: Jogo, Mercado, OMEL, OMIP, MIBEL, Energia, Central, Carvão, Gás, Ciclo Combinado, Hídrica, Eólica, Nuclear, Solar.

Abstract

The area of electric energy trading knew one deep change after the liberalization of the electricity sector, which led to the creation of some entities, which generate electricity markets in Europe. For Portugal and Spain, during this process of liberalization, there was also an agreement that led to the creation of the Iberian electricity market (MIBEL). Included in this market are two operators, one which represents the Portuguese pole (OMIP) and the other represents the Spanish pole (OMEL).

The OMIP contemplates the futures markets where trade is made for the period of weeks, months, quarters, semesters or even years. Every day contracts are traded in OMEL, which includes the daily and intraday markets. Unlike the OMIP this negotiates for the next day (daily market) or for a certain time of day (intraday market).

The daily market is an example that will be used to create a game called game of the energy market, which will be composed of several players that through an HTML platform, will invest, negotiate bids and watch the functioning of this market.

This game will be subdivided in 3 phases:

1. Investment phase;
2. Trading phase;
3. Market phase.

In the situation of the investment, the player will have the opportunity to invest in six types of technologies:

1. Coal plant;
2. Combined Cycle Plant;
3. Hydro plant;
4. Wind plant;
5. Solar plant;
6. Nuclear plant.

In the course of the moves the player will earn more money by selling energy, and the winner is the one that has more balance at the end of pre-defined number of turns, or the one who soon achieve the balance as the limit imposed by the administrator of the game.

The educational level of this simulator is very interesting because, in addition to the user learn about the technologies involved and the advantages and disadvantages of renewable energy power plants and fossil fuel power plants, it also gains an awareness of environmental issues, such as the increase of greenhouse gases and melting resulting from global warming caused by these gases. In addition to knowledge acquired in the electric power, this game will inform the user of the electricity market operation, as well as tactics that they can use to their advantage in this type of market.

Keywords: Game, Market, OMEL, OMIP, MIBEL, Energy, Plant, Coal, Gas, Combined Cycle, Hydro, Wind, Nuclear, Solar.

Índice

| | |
|--|----|
| Índice de Figuras | I |
| Índice de Tabelas | IV |
| 1 Introdução | 1 |
| 1.1 Considerações iniciais..... | 1 |
| 1.2 Objectivos..... | 2 |
| 1.3 Metodologia | 3 |
| 2 Mercado de Energia | 6 |
| 2.1 Liberalização do sector eléctrico nacional..... | 6 |
| 2.2 Mercado grossista | 13 |
| 2.3 Mercado retalhista | 19 |
| 2.4 Mercado de energia ibérico – MIBEL..... | 24 |
| 2.5 Operadores do mercado ibérico da electricidade | 26 |
| 2.5.1 OMEL..... | 26 |
| 2.5.2 OMIP..... | 27 |
| 2.6 Mercado diário..... | 29 |
| 2.7 Mercado intra diário..... | 32 |
| 2.8 Mercado a prazo..... | 35 |
| 2.9 Agente de mercado | 37 |
| 3 Oferta e Procura | 38 |
| 3.1 Produção de energia – Oferta | 38 |
| 3.1.1 Centrais de energia | 38 |
| 3.1.1.1 Introdução..... | 38 |
| 3.1.1.2 Carvão | 38 |
| 3.1.1.3 CCGT..... | 42 |
| 3.1.1.4 Hídrica | 46 |
| 3.1.1.5 Eólica | 50 |
| 3.1.1.6 Fotovoltaica | 54 |

| | |
|---|-----|
| 3.1.1.7 Nuclear | 58 |
| 3.1.2 Comparação de Centrais de energia | 61 |
| 3.2 Consumo de energia – Procura | 63 |
| 4 Plataforma do jogo | 66 |
| 4.1 Linguagem de programação | 66 |
| 4.2 Regras do jogo | 69 |
| 4.3 Estrutura do jogo | 70 |
| 4.4 Exemplo jogada | 89 |
| 4.5 Validação dos resultados | 99 |
| 5 Conclusões | 100 |
| 6 Bibliografia | 103 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Cadeia de actividades..... | 1 |
| Figura 2 – Sector eléctrico..... | 6 |
| Figura 3 – Produção de centrais eléctricas em Portugal Continental..... | 8 |
| Figura 4 – Mapa da rede de transporte nacional..... | 10 |
| Figura 5 – Parque electroprodutor por tecnologia em Portugal..... | 14 |
| Figura 6 – Parque electroprodutor por agente em Portugal..... | 15 |
| Figura 7 – Produção de energia por tecnologia em Portugal..... | 16 |
| Figura 8 – Parque electroprodutor por tecnologia em Espanha..... | 17 |
| Figura 9 – Parque electroprodutor por empresa em Portugal..... | 18 |
| Figura 10 – Produção de energia por tecnologia em Espanha..... | 19 |
| Figura 11 – Evolução mercado liberalizado em Portugal..... | 20 |
| Figura 12 – Evolução mercado livre em Portugal..... | 20 |
| Figura 13 – Calendário de liberalização em Espanha..... | 22 |
| Figura 14 – Procura do mercado liberalizado em Espanha..... | 23 |
| Figura 15 – Estrutura do MIBEL..... | 26 |
| Figura 16 – Clientes do OMIP..... | 28 |
| Figura 17 – Exemplo de um gráfico de mercado de energia..... | 31 |
| Figura 18 – Exemplo do mercado diário (OMEL)..... | 32 |
| Figura 19 – Cronograma do mercado intra diário..... | 33 |
| Figura 20 – Exemplo do mercado intra diário (OMEL)..... | 35 |
| Figura 21 – Central termoeléctrica a carvão..... | 39 |
| Figura 22 – Evolução do preço do carvão (2009)..... | 41 |
| Figura 23 – Central termoeléctrica a ciclo combinado..... | 43 |

| | |
|--|----|
| Figura 24 – Evolução do preço gás natural (2011) | 45 |
| Figura 25 – Central hídrica | 47 |
| Figura 26 – Precipitação ano 2009 em comparação com anos 1971 a 2000..... | 49 |
| Figura 27 – Esquema tipo de um aerogerador..... | 50 |
| Figura 28 – Parque Eólico | 51 |
| Figura 29 – Intensidade média do vento e rajadas máximas,..... | 53 |
| Figura 30 – Célula fotovoltaica | 55 |
| Figura 31 – Esquema tipo de uma central fotovoltaica | 55 |
| Figura 32 – Intensidade média e máxima da radiação solar, | 57 |
| Figura 33 – Central nuclear | 58 |
| Figura 34 – Evolução do preço do urânio (2011) | 60 |
| Figura 35 – Emissões de CO2 em centrais de energia | 62 |
| Figura 37 – Ponta anual (Ano 2009) | 64 |
| Figura 38 – Satisfação do consumo nacional | 65 |
| Figura 39 – Campo formulário..... | 68 |
| Figura 40 – Botão de validação de formulário..... | 68 |
| Figura 41 – Diagrama do jogo | 70 |
| Figura 42 – Página index.html..... | 71 |
| Figura 43 – Página regras.html | 72 |
| Figura 44 – Página login.html..... | 73 |
| Figura 45 – Página termos.html | 74 |
| Figura 46 – Página registo.php | 75 |
| Figura 47 – Página paginajogo.php | 76 |
| Figura 48 – Central a carvão na página de investimento (investimento.php)..... | 77 |
| Figura 49 – Página investimento.php..... | 78 |
| Figura 50 - Página venda.php | 79 |

| | |
|---|----|
| Figura 51 – Página mercado.php | 80 |
| Figura 52 – Página mundo.php | 81 |
| Figura 53 - Página admin.html | 82 |
| Figura 54 – Configuração da página do administrador | 90 |
| Figura 55 – Link para página de registo | 90 |
| Figura 56 – Campos para efectuar o registo..... | 91 |
| Figura 57 – Campos para efectuar o login no jogo | 92 |
| Figura 58 – Valores iniciais na página do jogo | 92 |
| Figura 59 – Menu do jogo..... | 93 |
| Figura 60 – Colocação compra de potência..... | 93 |
| Figura 61 – Valores após investimento | 94 |
| Figura 62 – Valores na página do jogo após investimento | 95 |
| Figura 63 – Tabela da venda..... | 95 |
| Figura 64 – Campos a preencher na venda..... | 96 |
| Figura 65 – Tabela de licitações | 96 |
| Figura 66 – Apagar licitação..... | 96 |
| Figura 67 – Gráfico de mercado..... | 97 |
| Figura 68 – Página do jogo após fecho do jogada..... | 98 |
| Figura 69 – Validação de uma simulação do jogo | 99 |

Índice de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Horário das sessões do mercado intra diário..... | 33 |
| Tabela 2 – Características das centrais eléctricas..... | 63 |
| Tabela 3 – Tabela do administrador (administrador) | 83 |
| Tabela 4 – Tabela auxiliar (auxiliar) | 84 |
| Tabela 5 – Tabela casados (casados) | 84 |
| Tabela 6 – Tabela investimento por jogador (investimento) | 84 |
| Tabela 7 - Tabela investimento geral (invesvend) | 85 |
| Tabela 8 – Tabela de mercado (mercado)..... | 85 |
| Tabela 9 – Tabela do mundo (mundo) | 85 |
| Tabela 10 – Tabela objectivo (objectivo)..... | 86 |
| Tabela 11 – Tabela registo (registo) | 86 |
| Tabela 12 – Tabela registo do mercado (regmercado)..... | 87 |
| Tabela 13 – Tabela resultados finais (resultadosfinais)..... | 87 |
| Tabela 14 – Tabela dinâmica (tabdin)..... | 88 |
| Tabela 15 – Tabela tecnologia (tecnologia) | 88 |
| Tabela 16 – Tabela tempo (tempo)..... | 88 |
| Tabela 17 – Tabela de valores (valores)..... | 89 |
| Tabela 18 – Tabela de venda (venda) | 89 |

1 Introdução

1.1 Considerações iniciais

A presente dissertação, intitulada “Simulação interactiva do Mercado de Energia Eléctrica”, insere-se no curso de Mestrado em Engenharia Electrotécnica do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

No sector eléctrico identificam-se quatro actividades principais, sendo estas distribuídas em cadeia. As várias actividades são a produção, o transporte, a distribuição, e a comercialização de energia eléctrica.

Na figura 1 é apresentada a cadeia das actividades, explicitando os elementos que compõem cada uma delas, sendo que a figura apresentada é uma actualização da cadeia existente em [2].



Figura 1 – Cadeia de actividades

Nas actividades descritas na figura 1, existe uma grande diferença entre elas, principalmente no transporte e distribuição de energia, pois estas duas actividades, são reguladas normalmente por apenas uma empresa, transformando-se assim num monopólio. Temos como exemplo Portugal, no qual e tal como podemos constatar pela figura 1, temos um grande elemento na distribuição, que neste caso é a EDP-Distribuição e no transporte temos como o elemento principal a REN-Redes Energéticas Nacionais. Numa situação

oposta, temos as actividades de produção e de comercialização de energia eléctrica, as quais têm a sua actividade efectuada por diversos agentes, ou seja são operados por elementos externos, saindo do monopólio existente na distribuição e no transporte de energia para uma situação de concorrência, o que leva a que os produtores de energia possam vender a energia produzida por eles directamente a clientes finais. Isto deu-se graças à liberalização do mercado da energia eléctrica [1].

Devido a esta necessidade de liberalização do mercado de energia eléctrica, o governo Português propôs ao governo Espanhol a criação de um mercado que englobaria a Península Ibérica e nesse sentido foi criado o MIBEL [1].

O MIBEL é supervisionado por quatro entidades. Em Portugal é a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) e a Comissão de Mercado de Valores Mobiliários (CMVM), enquanto que em Espanha é a Comisión Nacional del Mercado de Valores (CNVM) e a Comisión Nacional de Energía (CNE). Enquanto a CMVM assumia a presidência do MIBEL, os mercados à vista (diário e intra diário) e a prazo foram evoluindo bem e o seu funcionamento foi melhorando, sendo que esta evolução foi promovida principalmente pela participação dos operadores de mercado, nomeadamente o OMEL e o OMIP [3].

1.2 Objectivos

Esta tese tem uma enorme componente didáctica, pois dá a conhecer o sector eléctrico, quais as suas actividades, focando principalmente duas dessas actividades, nomeadamente a comercialização de energia eléctrica e a produção de energia eléctrica. Relativamente à comercialização da energia eléctrica, são dados a conhecer vários organismos, entre os quais, o MIBEL, que engloba o mercado de energia eléctrica da Península Ibérica, bem como os organizadores de mercado associados a este (OMEL e OMIP). Para além destas organizações é dado a conhecer também o processo de liberalização do sector eléctrico.

Relativamente à produção de energia eléctrica, os principais objectivos passam por dar a conhecer quais os vários tipos de centrais eléctricas, as diferenças principais entre as centrais a energia renovável e as centrais a combustão, bem como a explicitação dos benefícios e malefícios de cada uma delas.

Um outro objectivo desta tese passa por sensibilizar as pessoas para questões do foro ambiental, demonstrando que através das centrais não emissoras os produtores não emitem dióxido de carbono (CO₂), que é considerado um gás de estufa e este contribuí para que as radiações solares que entram na atmosfera, após a sua reflexão na crosta terrestre, não saiam da mesma, contribuindo assim para o aumento do aquecimento global, o que provoca actualmente para além de instabilidades a nível do clima, o degelo dos glaciares, aumentando o nível da água.

Por último e como se trata de uma simulação interactiva do mercado, esta tese tem também uma componente lúdica, que leva a que os utilizadores se divirtam, ao mesmo tempo que aumentam as suas capacidades a nível de raciocínio, devido à criação de estratégias para o investimento nas centrais e para a comercialização para o mercado de energia eléctrica.

1.3 Metodologia

Para a realização desta tese e de forma a criar a simulação interactiva do mercado de energia, recorreu-se a uma base que todas os utilizadores podem utilizar universalmente, sendo que a plataforma definida tem por base uma plataforma “html”, que através da criação de uma estrutura de páginas levam a que o utilizador introduza e veja quais os valores que este envia para a simulação e os valores resultantes da própria simulação. Juntamente com a plataforma “html”, foi considerada outra plataforma codificada dentro do “html”, nomeadamente o “php”, que é utilizada para a programação de diversas tabelas do tipo “sql” e que leva a que seja criada uma estrutura com diversas tabelas que ligadas entre si e através das páginas “html”, podem fazer o cálculo de todos os elementos, tais como, o cálculo do investimento e o cálculo do mercado de energia.

Para além da plataforma é necessário sublinhar alguns pontos que definem a desenvoltura do jogo, nomeadamente os quatro pontos essenciais para este tipo de simulação, são eles:

- **Investimento**

O investimento contempla a compra de centrais de produção de energia eléctrica. Este representa a primeira fase da simulação e transporta assim o utilizador para o mundo da produção de energia. São contempladas seis centrais nesta tese, sendo que estas centrais dividem-se em dois tipos, três do tipo renováveis e três do tipo não renováveis.

Estas distinguem-se principalmente através de vários factores que têm uma influência económica, nomeadamente, o custo de combustível, que varia de central para central e que para as centrais a energia renovável é nulo, enquanto que o combustível nas centrais a combustão, nomeadamente nas centrais a carvão e nas centrais a gás natural, varia consoante as condições do mundo. Outro valor contemplado no caso das centrais eléctricas é o investimento inicial, que depende não só do tamanho da construção, mas também da tecnologia de cada tipo de central. Na produção de energia acresce ainda o custo de emissão de CO₂, cujo valor depende do tipo de central, sendo que as únicas neste caso que têm emissões directas para a atmosfera

são as centrais a carvão e a gás natural, este valor tal como o combustível varia consoante as condições do mundo.

- **Venda**

A venda é a segunda fase da simulação. Neste ponto os utilizadores licitam a energia disponível em cada uma das centrais adquiridas na fase de investimento, atribuindo-lhes uma ou mais licitações em cada tecnologia de modo a que o total desta não seja superior ao disponível e, juntamente com esse valor é atribuído a cada percentagem de energia um preço pelo utilizador, de modo a que este licite essa energia no mercado.

- **Mercado**

O mercado é terceira fase da simulação, sendo que neste ponto dá-se o cruzamento de dados da oferta (fase de venda), com a procura e obtêm-se um gráfico, no qual resultam o preço de mercado e as licitações que efectivamente casaram (venderam) no grupo de utilizadores que efectuaram licitações para o mercado da energia eléctrica.

- **Factores externos**

Os factores externos representam todos os elementos que não são influenciáveis pelo simulador em si, mas por factores fora deste, normalmente são influenciados pelo mundo que rodeia o simulador. Os factores externos neste caso são quatro: o consumo, o preço do carvão, o preço gás e o custo de emissões de CO₂.

Os factores externos ao jogo mais visíveis a nível mundial, dos referenciados anteriormente são os combustíveis. Tanto o carvão como o gás natural têm a tendência a variar, principalmente devido à grande necessidade de produção de energia através de centrais cujo combustível são o gás natural e o carvão [5]. O preço do carvão dado que a unidade referente à produção de energia é o "MWh", este vem referenciado em "€/MWh" e tem o valor de 8 €/MWh[4], sendo que este pode variar consoante o mundo. Nesta simulação este valor varia entre 5% e 15%, de uma sessão para outra. O custo final de combustível é afectado pelo rendimento da central em questão e da produção de energia. O preço do gás natural à semelhança do preço do carvão vem referenciado em "€/MWh" e tem o valor de 21 €/MWh [4], nesta simulação este valor varia entre 5% e 15%, de uma sessão para outra. O custo

final de combustível é afectado pelo rendimento da central em questão e da produção de energia.

Outro combustível presente na simulação é o urânio, que devido à quantidade necessária comprar para a central nuclear e dado que este tem uma durabilidade muito grande, não foi considerado um factor externo, o que leva por outro lado à consideração de um valor fixo que representa essa quantidade necessária para as centrais nucleares.

O preço da emissão do CO₂ varia consoante o mercado de emissões, sendo que o preço das emissões tomado em conta vem referenciado em “€/ton” e tem o valor de 20 €/ton [4], nesta simulação este valor varia entre 5% e 15%, de uma sessão para outra.

Relativamente ao consumo de energia, este é definido sempre pelo mundo que envolve o mercado, sendo esta energia decidida pelo consumo total de energia necessária desse mundo.

2 Mercado de Energia

2.1 Liberalização do sector eléctrico nacional

O sector eléctrico iniciou a sua liberalização através do pacote legislativo de 1995, que visou a criação de um mercado eléctrico nacional. Este início é marcado pela reprivatização da EDP e pela liberalização do acesso a actividades de produção e de distribuição de energia eléctrica, através da criação de um sistema eléctrico baseado na coexistência de dois sistemas, o Sistema Eléctrico de Serviço Público (SEP) – Mercado Regulado e o Sistema Eléctrico Independente ou não Vinculado (SENV) – Mercado Liberalizado. Simultaneamente à criação destes dois mercados, deu-se também o início da criação de uma entidade reguladora de serviços energéticos, designada por ERSE, a qual iniciou actividades em 1997 [6].

Na figura 2, é contemplado o sector eléctrico nacional conforme o pacote legislativo utilizado na liberalização do mesmo, bem como todas as actividades dentro de cada um dos sistemas, nomeadamente a produção, o transporte e a distribuição de energia. No mercado liberalizado pode-se ver agora a grande inovação com a liberalização do sector eléctrico, que passa pela inclusão de novos agentes no mercado da electricidade, nomeadamente com a produção de energia a partir de recursos renováveis [6].

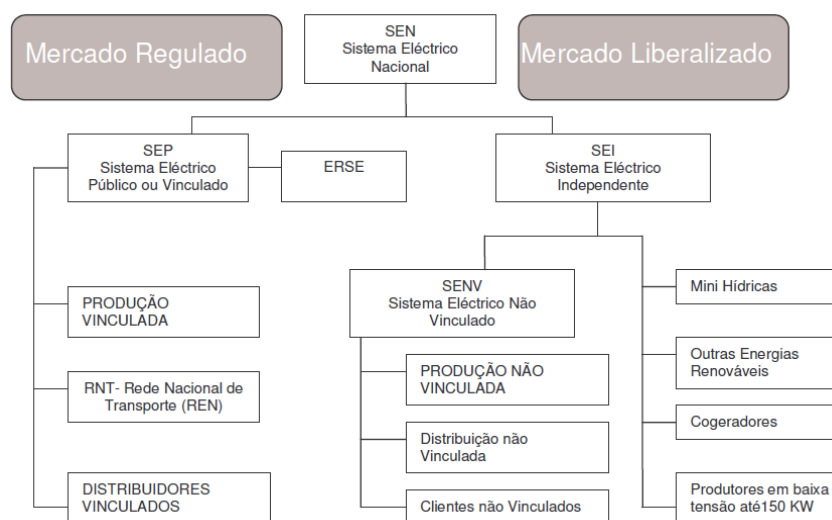


Figura 2 – Sector eléctrico

Já em 2003, com a publicação dos Decretos-Lei nº 184/2003 e 185/2003, é apresentado o início da liberalização global do sistema eléctrico nacional, liberalização esta, que tem os seus princípios expressos na Directiva 54/CE/2003 e na qual se inspira para a criação do mercado Ibérico de Electricidade (MIBEL).

O enquadramento do sector eléctrico nacional presente na directiva referida anteriormente, passou a estar contemplado no Decreto-Lei nº29/2006, na qual vem referidos não só a organização e funcionamento do sistema eléctrico nacional, mas também o exercício de actividades referentes à produção, transporte, distribuição e comercialização de energia, bem como à organização dos dois mercados de electricidade presentes no novo sistema eléctrico, nomeadamente o Mercado Regulado e o Mercado Liberalizado [6].

Actualmente esta distribuição é diferente, principalmente após a criação da Lei Base da Electricidade, onde os sectores vinculado e não vinculado, foram assimilados num único mercado, sendo que as actividades de produção e de comercialização de energia eléctrica estão abertas à concorrência, relativamente às actividades de transporte e de distribuição continuam a ser realizadas pelas concessões públicas, as actividades, bem como os seus respectivos elementos, podem ser vistos na figura 1 [7].

- **Produção**

A produção de energia eléctrica em Portugal caracteriza-se maioritariamente por centrais térmicas, as quais têm sido usadas ao longo ao longo do tempo por todo o mundo. Tem havido, no entanto, um grande crescente de centrais de energia renovável em Portugal, destacando-se as centrais eólicas, fotovoltaicas e centrais mini-hídricas, que têm aproveitado um dos maiores recursos que Portugal possui que são os recursos hídricos. Embora estas tenham sido as centrais de energia renovável mais usadas até ao momento, a tendência na produção de energia recai também cada vez mais sobre outro tipo de centrais, nomeadamente as centrais a biomassa e biogás, bem como o aproveitamento do calor produzido pelas centrais térmicas, através das centrais de co-geração, cuja energia térmica originada na queima do combustível, leva a que esta possa ser utilizada para aquecimento da unidade industrial, ou mesmo para qualquer processo que seja necessário dentro da central. A restante energia eléctrica é obtida através da importação de energia, nomeadamente energia vinda de Espanha através das interligações entre os dois países [6].

Consumo referido à emissão
Total demand

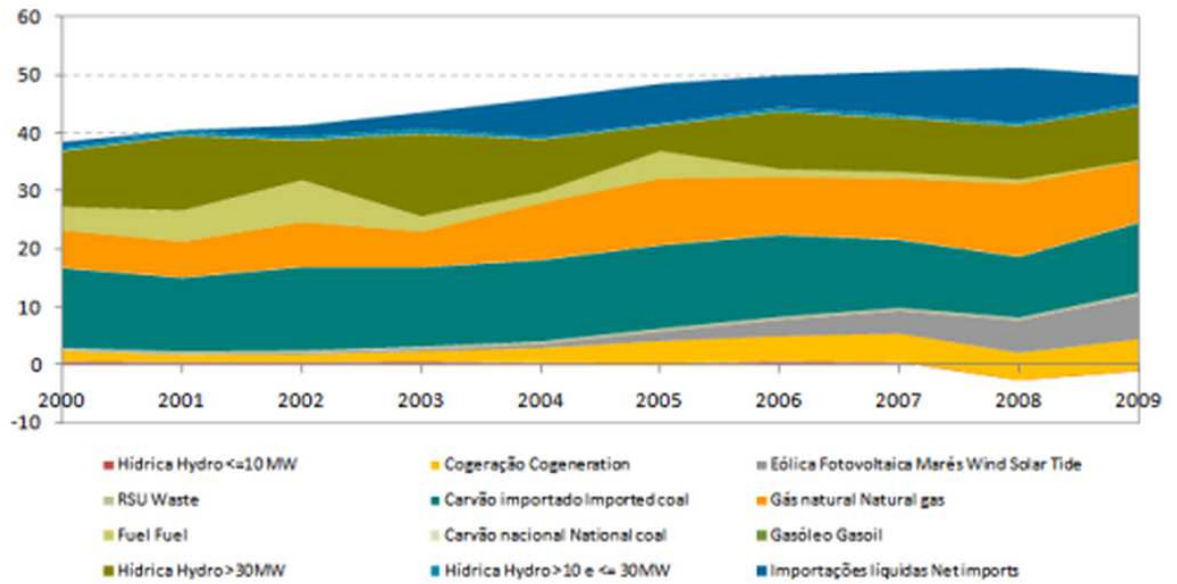


Figura 3 – Produção de centrais eléctricas em Portugal Continental

Através da figura 3, com base em [8], pode-se constatar a produção de energia nos últimos anos, que passa maioritariamente pela utilização de centrais a combustível fóssil para a produção de energia, tais como centrais a carvão e centrais a gás natural.

Dada a importância que se tem dado às questões ambientais relativamente à produção de energia, principalmente devido às emissões de gases para a atmosfera, nomeadamente o dióxido de carbono (CO₂), as centrais térmicas têm vindo a ser controladas para minimizar os efeitos causados por elas a nível da emissão de gases, principalmente as centrais com o nível superior de emissões, tais como as centrais a carvão. Ainda dentro do âmbito das questões a nível ambiental, as centrais que utilizam recursos naturais têm aumentado a sua participação, nomeadamente através das centrais eólicas, fotovoltaicas, marés e também através de outra tecnologia que tem sido também controlada, devido à escassez dos recursos hídricos em algumas regiões que são as centrais hídricas. Estas têm visto o seu caudal a ser regulado, exactamente devido às variações de caudais nas albufeiras a jusante destas [6].

A produção de energia passa então por uma separação de estatutos, tendo sido criados então dois estatutos para esta, nomeadamente [6]:

- Produção em regime ordinário – produção de energia através de fontes tradicionais, tais como, centrais a carvão, petróleo e outros recursos fósseis, para além deste tipo de produção estão englobadas também as centrais hídricas de grande porte.
- Produção em regime especial – centrais de co-geração, que aproveitam a energia térmica produzida pela queima de combustíveis fósseis, aumentando a eficiência energética destas e ainda as centrais de produção em regime especial, onde se encontram também as centrais cujos recursos são de fonte renovável, excluindo as centrais hídricas de grande porte.

Com este sistema o sector eléctrico tende para uma maior afluência de centrais eléctricas, contrariamente ao que acontecia anteriormente à liberalização do sector eléctrico, pois com a liberalização do sector eléctrico qualquer pessoa, desde que tenha condições, pode constituir uma central eléctrica, produzindo assim sua própria energia e também podendo comercializar parte dela.

- **Transporte**

O transporte, é a actividade que se dá após a produção de energia, esta actividade mesmo após a liberalização do sector eléctrico continua a surgir como um monopólio, onde o elemento principal e regente deste monopólio a nível nacional é a Rede Nacional de Transporte (RNT), que faz parte da Rede Eléctrica Nacional (REN).

Nesta rede estão ligados todos os pontos necessários para a ligação à rede de distribuição. Esta contempla diversos níveis de tensão, nomeadamente os 150kV, 220kV e os 400kV.

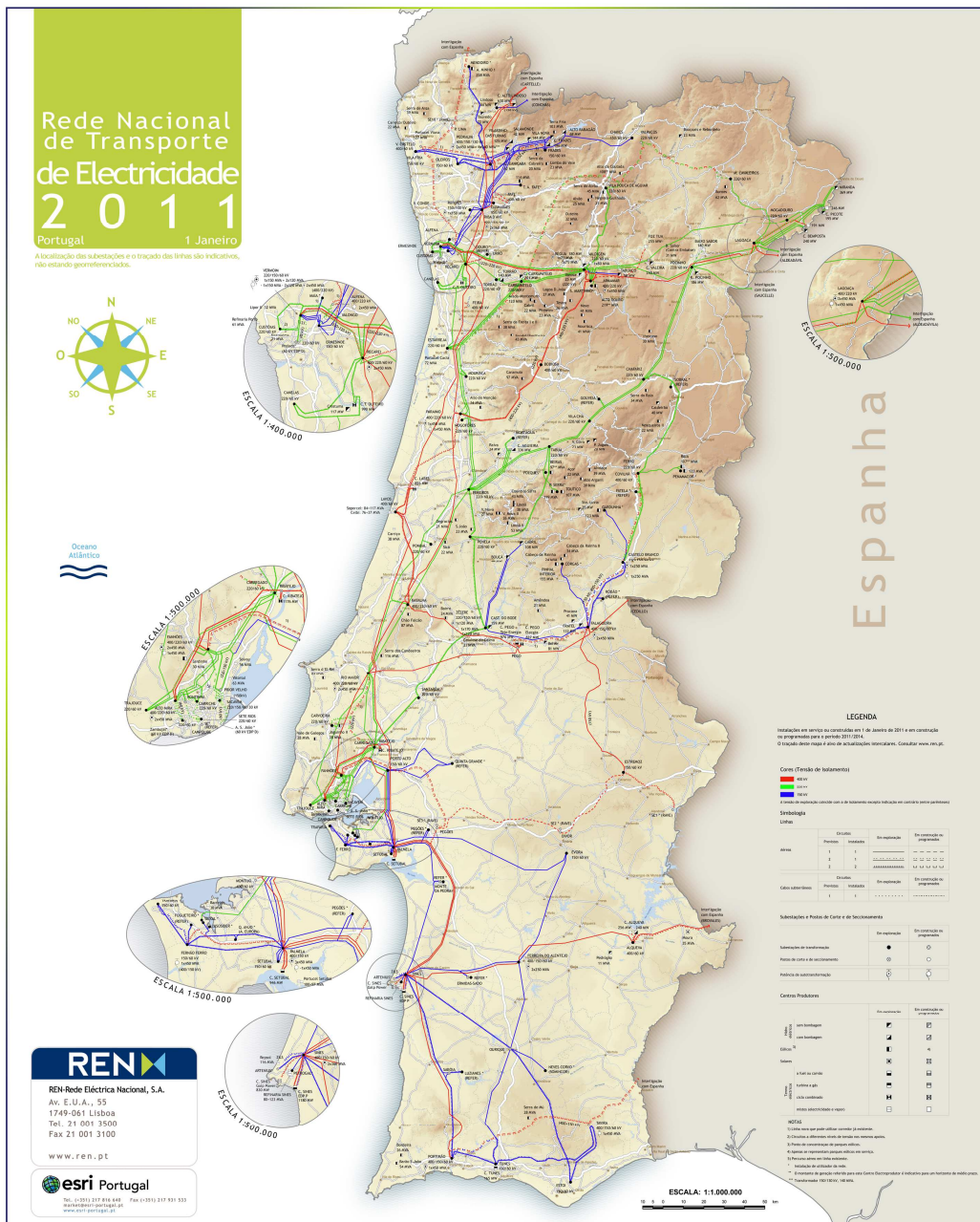


Figura 4 – Mapa da rede de transporte nacional

Na rede actual, demonstrada na figura 4, com base no site da REN, pode-se contemplar todo o sistema de transporte da rede de alta e muita alta tensão de Portugal Continental, a azul está representado o nível de tensão de 150kV, a verde pode-se contemplar as linhas cujo nível de tensão corresponde aos 220kV, enquanto que as linhas a encarnado correspondem ao nível de tensão de 400kV.

Na figura 4 estão também contempladas as linhas de interligação com Espanha, onde ocorre a importação e por vezes a exportação de energia de um país para o outro balançando assim a energia necessária em cada país.

As redes principais, as de 400kV e 220kV, desenvolvem-se essencialmente junto ao litoral, isto devido aos grandes centros de carga tais como Lisboa e Vale do Tejo, Porto e Coimbra aproveitando as centrais de maior porte, tais como, a Sul, Sines, Setúbal e Carregado, enquanto que a Norte pode-se encontrar a central da Tapada do Outeiro e o Alto do Lindoso Norte.

A rede de Transporte trata-se de uma estrutura evolutiva, que vai sendo alterada à medida que são criadas centrais, ou quando são necessárias reforçar as linhas para um melhor funcionamento do sistema eléctrico [6].

- **Distribuição**

Tal como acontecia na rede de transporte esta rede distribuição define-se também como um monopólio, devido à influência apenas de um grupo que toma conta de quase toda a rede distribuição, que é o grupo EDP [9].

A rede de distribuição faz a ligação entre as linhas de alta e muito alta tensão provenientes do transporte de energia e através de subestações transformam o nível de tensão, baixando-o de maneira a que este possa ser recebido pelos clientes. Tal como as redes de transporte estas redes estão em constante evolução, sendo que estas normalmente têm um nível de evolução maior, devido à necessidade constante de fazerem as ligações aos seus consumidores [6].

Ao contrário da rede de transporte e tal como referido anteriormente, este tipo de rede contempla níveis de tensão mais baixos do que aqueles que aparecem no transporte, sendo que estes se dividem em três níveis fundamentais, a alta tensão, cujo nível se encontra nos 60kV, a média tensão, com níveis de tensão de 30kV, 15kV e 10kV e a baixa tensão, que tem dois níveis os 400V e os 230V [5].

- **Comercialização**

Anteriormente à liberalização do sector eléctrico, a comercialização da energia eléctrica era efectuada apenas pelo distribuidor, neste caso, era apenas comercializada pela EDP [6].

Actualmente com a liberalização do sector eléctrico, não é só o distribuidor a vender a energia produzida, existindo então uma separação entre a distribuição e a comercialização de energia, sendo que graças a esta separação, o mercado de energia tornou-se mais denso, englobando também todos aqueles

produtores de regime independente e dando possibilidade à entrada de novos agentes, beneficiando assim os consumidores. Caso o mercado liberalizado, não seja bem sucedido, existe ainda um último recurso, uma última entidade, igualmente comercializadora, que garante aos consumidores, energia com a qualidade exigida e com continuidade de serviço, aplicando-lhes uma tarifa regulada [9].

O contacto com o consumidor é feito agora de forma directa por parte do comerciante de energia, não sendo necessário o contacto com o distribuidor, como havia sido anteriormente. Desta forma, o distribuidor, trata apenas de outros aspectos, tais como as ligações à rede, medições de consumo de energia e outros serviços [6].

Existem dois tipos de comercializadores neste tipo de mercado, sendo eles:

- Comercializador regulado (Comercializador de : Contrata a energia através do mercado organizado, através de acordos bilaterais com outro comercializador ou agente externo e podem contratar a energia através de acordos bilaterais com a REN, desde que se trate de energia produzida em regime especial. A venda de energia tem um valor anual, que é fixado pela entidade reguladora, a ERSE. Os comercializadores a actuar no mercado regulado têm também o nome de comercializadores de último recurso [6].

Este comércio é em grande parte dominado pela EDP Serviço Universal, sendo que existem também algumas cooperativas que também comercializam energia, tal como se pode ver na figura 1.

- Comercializadores não regulados: São poucos os que actuam em Portugal, sendo eles a EDP Comercial, EGL – Energia Ibéria, Union Fenosa, Iberdrola, Endesa Portugal e a Galp Power. Estes contratam a energia produzida através dos produtores não vinculados, comercializando-a depois aos clientes finais [6].

Dada a liberalização do sector e com a entrada de vários comercializadores de energia, houve a necessidade de estes terem livre acesso à rede de transporte, bem como ao distribuidor de energia, mediante o pagamento de uma tarifa definida pela ERSE. Os consumidores neste caso têm direito a escolher o comercializador que desejarem, não havendo a implicação de encargos financeiros adicionais para se dar esta troca [10].

Os comercializadores estarão sujeitos a certas obrigações de serviço público, tais como garantir a qualidade e continuidade do serviço de energia aos

consumidores, bem como toda a informação deste, de maneira simples e compreensível [6].

- **Organização Mercados**

Os mercados organizados de electricidade, operam em regime livre, estando sujeitos a uma cooperação entre o Ministro das Finanças e o Ministro responsável pelo sector energético devido a alguma autorizações necessárias. A operação do mercado organizado de electricidade, deve ser integrada em quaisquer outros mercados organizados estabelecidos entre o Estado Português e os outros Estados da União Europeia. Os produtores em regime ordinário e os comercializadores, entre outros, podem tornar-se membros deste mercado [10].

- **Entidade reguladora**

A Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) tem a responsabilidade da regulação dos sectores do gás natural e da electricidade. O exercício da sua função, não se sobrepõe jamais à política energética fixada pelo Governo nos termos constitucionais e legais nos termos da lei bem como o dos seus estatutos. O exercício da sua actividade passa principalmente por proteger os interesses dos consumidores finais relativamente aos preços exigidos pelos comercializadores, bem como assegurar a continuidade e qualidade de serviço, esta permite também o acesso a informação e segurança do mercado da energia, aumentar a concorrência eficiente, garantindo um melhor mercado de energia, a entidade estimula a utilização eficiente de energia e preocupa-se com o ambiente defendendo-o, esta resolve igualmente litígios que possam haver entre os comercializadores e os consumidores [6].

2.2 Mercado grossista

O mercado grossista ibérico está incluído no actual desenvolvimento do Mercado Ibérico (MIBEL) e assenta em modalidades de contratações que se complementam. Dada a necessidade do mercado ter um dado sincronismo entre a produção e o consumo, existe a necessidade de haver alguns elementos que organizem esse sincronismo, criando um controlo temporal, são compreendidos então os seguinte elementos para a separação do mercado grossista: [11]

- Um mercado de contratação a prazo (OMIP), que estabelece contratos de natureza futura para compra e venda de energia eléctrica, as liquidações deste mercado podem ser físicas, com a entrega de energia, ou podem ser financeiras, compensando a venda ou compra de energia através de valores monetários.
- Um mercado spot, de contratação à vista (OMEL), tendo uma contratação diária e intra diária, este mercado contempla negociações de compra e venda para o dia seguinte ao da negociação.
- Um mercado funcional, em tempo real, que faz o ajustamento do equilíbrio entre a produção e o consumo.
- Um mercado bilateral onde os agentes de mercado efectuam as negociações de compra e venda para diversos horizontes temporais.

- **Portugal**

O mercado grossista nacional caracteriza-se pela capacidade do parque produtor instalado para a produção de energia eléctrica. A capacidade instalada, não contempla apenas o parque produtor eléctrico nacional, mas é também complementada pelos trânsitos da energia através das interligações entre Portugal e Espanha.

Em termos de parque electroprodutor, a capacidade instalada para a produção de energia eléctrica ao longo dos últimos anos apresenta uma grande evolução, tal evolução pode ser vista na figura 5 e tem como base os dados de [11].

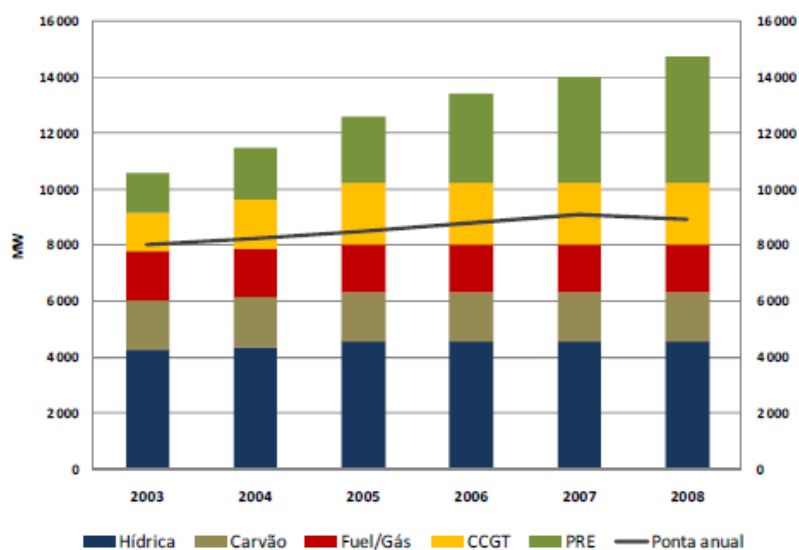


Figura 5 – Parque electroprodutor por tecnologia em Portugal

Como se pode contemplar na figura 5, verifica-se um grande aumento relativamente às centrais de Produção em Regime Especial (PRE) nestes últimos anos, até 2008 e relativamente a 2003 o aumento das PRE anda sensivelmente à volta dos 20%, este aumento deve-se principalmente ao aumento de centrais eólicas, que têm vindo a crescer ao longo destes últimos anos, sendo uma das maiores apostas a nível de produção de energia a partir de recursos renováveis. Por outro lado regista-se uma pequena subida das centrais a ciclo combinado, entre 2003 e 2008, pois tem sido uma tecnologia que tem tido tendência a evoluir, esperando-se mesmo um grande crescimento desta tecnologia durante os próximos anos [11].

O parque electroprodutor em regime ordinário tem uma capacidade superior à da ponta anual do sistema, de forma a garantir o funcionamento de todo o sistema. Tal como podemos constatar através da figura 5, relativamente ao parque produtor de electricidade, tem-se que a potência instalada das centrais hídricas corresponde a quase metade da ponta anual, sendo esta tecnologia a mais usada em Portugal. Relativamente às centrais de produção em regime especial e devido principalmente ao aumento das centrais eólicas, estas representam cerca de um terço da ponta anual do sistema. Este tipo de centrais vem assegurando a colocação de energia nas redes de transporte e distribuição, devido a mecanismos administrativos [11].

A capacidade instalada, não contempla apenas um produtor, tal como referido anteriormente, mas vários produtores. Na figura 6 está explicito os dados relativos a cada um desses produtores, esta figura tem por base [11].

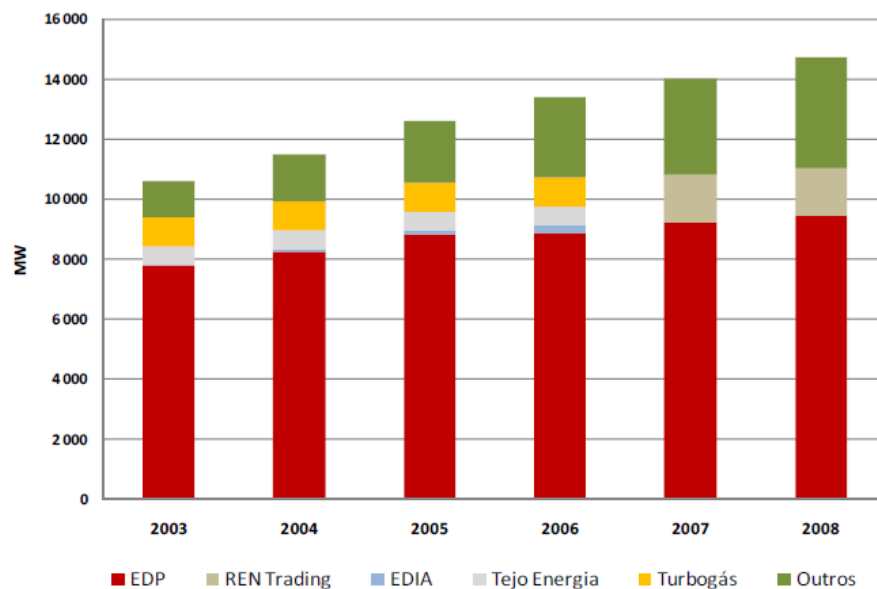


Figura 6 – Parque electroprodutor por agente em Portugal

Como se pode contemplar através da figura 6 o agente que contempla mais energia instalada em Portugal é a EDP, sendo que a cota desta tem vindo a subir desde 2003 até 2008 e actualmente este agente tem uma parte de todas as tecnologias existentes. Verifica-se também relativamente a esta distribuição a exclusão dos produtores pertencentes ao SNV, nomeadamente a Tejo Energia, a EDIA e a Turbogás a partir do ano de 2007, em contrapartida contempla-se a entrada no mercado de um novo elemento, a REN Trading, bem como o aumento de outros agentes, fruto da aposta nas centrais de produção em regime especial.

A energia produzida em Portugal, tal como já referido, passa principalmente pelas centrais de energia térmicas, entre as quais as centrais a carvão, ccgt, fuel e gás. Com o aumento da capacidade instalada nas centrais de produção de regime especial, aumenta também a energia produzida pelas mesmas, em contrapartida, as centrais hídricas, pertencentes também ao grupo das renováveis têm vindo a ter uma grande variação a nível da produção devido à grande variação de caudal disponível nas mesmas..

Através da figura 7, pode-se verificar os comentários descritos anteriormente [11].

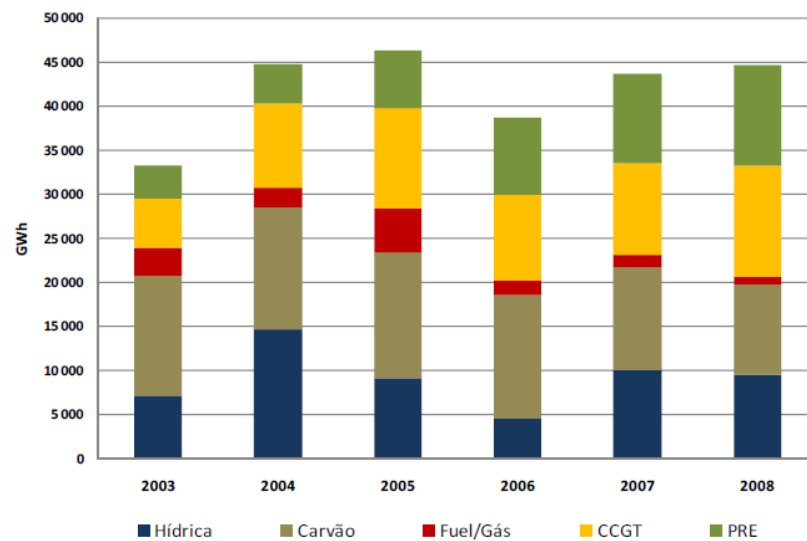


Figura 7 – Produção de energia por tecnologia em Portugal

- **Espanha**

O mercado de energia em Espanha tem sofrido também grandes alterações, havendo um aumento da potência instalada, crescendo cerca de 10000 MW entre 2006 e 2008, tal como acontecia em Portugal estas alterações passam principalmente pelo aumento das centrais de produção em regime especial, que representa uma potência de cerca de 2000 MW, vê o seu crescimento, baseado e tal qual acontecia em Portugal em centrais eólicas. O aumento das centrais a ciclo combinado contempla um crescimento que se situa sensivelmente à volta dos 5000 MW [11].

Na figura 8 está representado o parque electroprodutor Espanhol, contemplando as diferenças descritas anteriormente, esta figura tem por base a informação contemplada em [11].

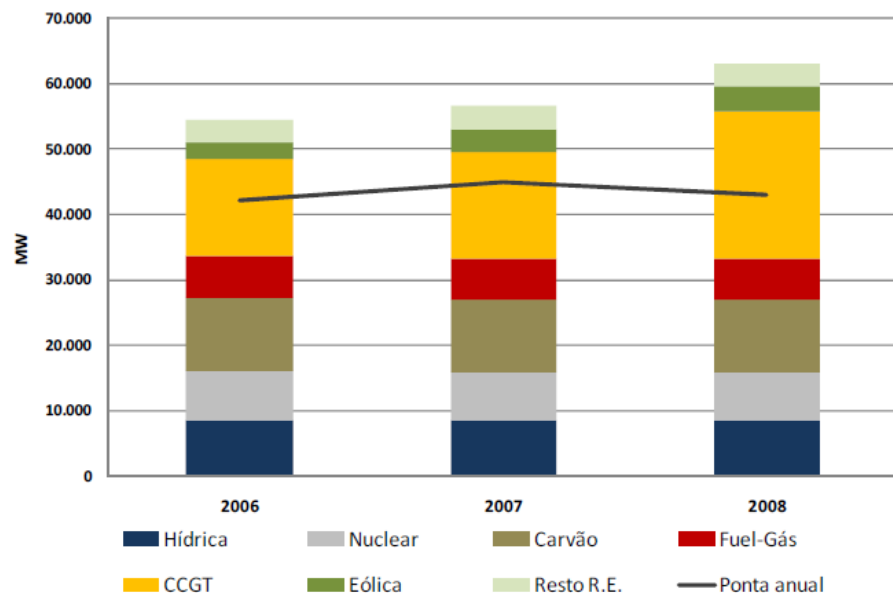


Figura 8 – Parque electroprodutor por tecnologia em Espanha

Através da figura 8, contempla-se, para além das variações descritas anteriormente, o tipo de tecnologia que tem uma capacidade instalada mais acentuada e que tem vindo a ser ao longo destes anos aquela que mais tem contribuindo para a produção de energia eléctrica que é a tecnologia de ciclo combinado. Relativamente a outras tecnologias e tal como já referido, apenas as centrais de produção em regime especial têm vindo a crescer ao longo do tempo, principalmente através das centrais eólicas [11].

Ao contrário do que acontecia em Portugal relativamente às empresas na produção de energia, não existe uma com grande parte da potência, mas sim

dois grupos que detêm cerca 50% da produção e que têm vindo a ver o seu poder a decair nestes últimos anos. A redução da produção por parte destas duas empresas, abriu caminho para o crescimento a nível de cotas de outras empresas [11].

Na figura 9, está representada a distribuição do parque electroprodutor, consoante as empresas produtoras de energia, esta tem por base os elementos contidos em [11].

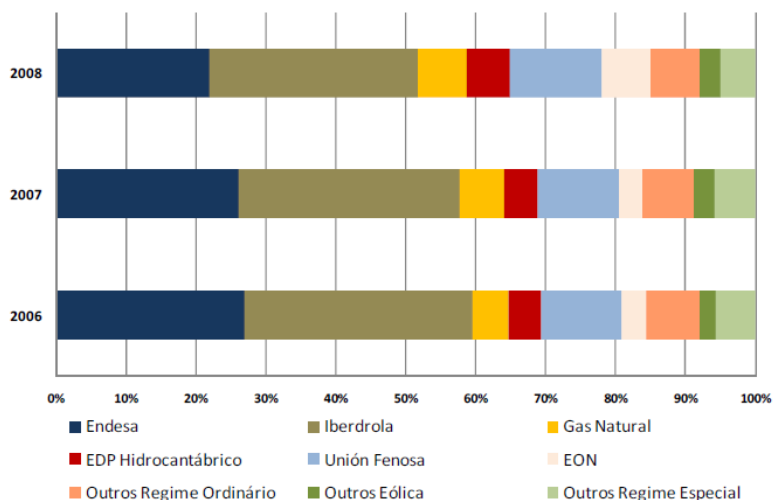


Figura 9 – Parque electroprodutor por empresa em Portugal

A energia produzida em Espanha, que tal como já referido anteriormente, passa principalmente pelas centrais de ciclo combinado, sendo que a produção desta representa aproximadamente um terço da produção total do país. Em Espanha existe uma tecnologia que não existe em Portugal que é a nuclear, a energia produzida por esta tecnologia corresponde a cerca de metade da produção das centrais de ciclo combinado. Em relação às centrais de regime especial, tanto as centrais eólicas como as restantes centrais em regime especial têm vindo a aumentar a produção de energia entre 2006 e 2008, em contrapartida, as centrais hídricas, a carvão, a fuel e gás têm vindo a ter uma redução a nível da produção [11].

Através da figura 10, pode-se verificar os comentários descritos anteriormente [9].

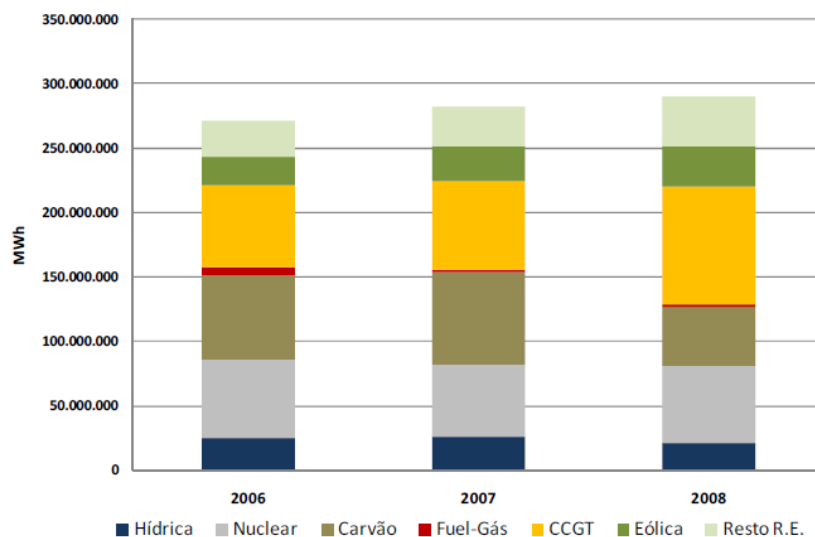


Figura 10 – Produção de energia por tecnologia em Espanha

2.3 Mercado retalhista

O mercado retalhista é dividido em dois tipos de mercado, o mercado regulado e o mercado liberalizado:

- A contratação do um mercado regulado é feita através da aplicação de tarifas, também elas reguladas.
- A contratação do mercado liberalizado, tem como princípio as condições da negociação de energia definidas através de um acordo entre as duas partes, sendo estas aplicadas através de um preço regulado.

Com a liberalização dos mercados, o consumidor ganhou a possibilidade de optar por mais do que um fornecedor de electricidade, tal facto foi consumado através da aplicação de uma directiva (2003/54/CE), que definiu que a partir de 1 de Julho de 2007, cada consumidor poderia escolher livremente o seu fornecedor de energia [11].

- **Portugal**

O processo de liberalização de Portugal tomou um rumo igual ao de outros países da Europa, tendo sido a liberalização de mercados efectuada primariamente nos consumidores com níveis de tensões mais elevados e de maior consumo. Sendo assim a primeira parte da liberalização destes mercados teve um começo em 1995 tendo-se arrastado até ao ano de 2006 onde começou a segunda fase com a inclusão dos consumidores de baixo

consumo. Tal facto pode ser confirmado através da figura 11, na qual está contemplada a cronologia referente aos consumidores de energia, com base em [11].

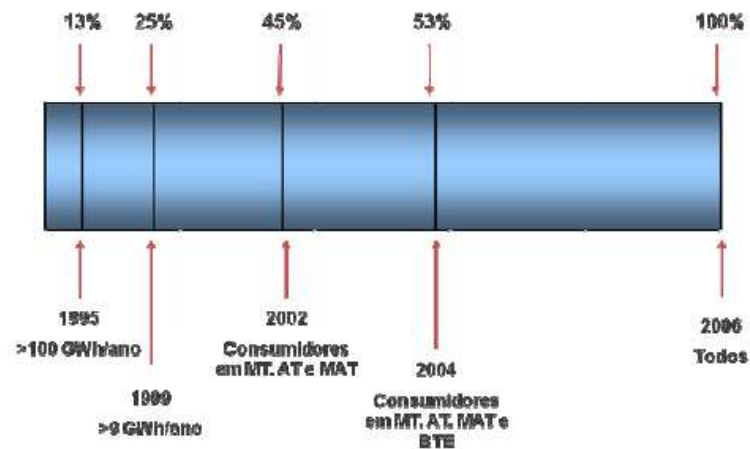


Figura 11 – Evolução mercado liberalizado em Portugal

Actualmente após este momento de grande evolução no mercado de energia eléctrica em Portugal, existe uma simultaneidade entre os dois mercados, por um lado, tal como descrito anteriormente o liberalizado, podendo assim haver um contrato de energia negociado, por outro lado o mercado regulado, onde os consumidores pagam as tarifas de último recurso (TUR).

Na figura 12, apresenta-se a evolução do mercado livre, com base em [11].

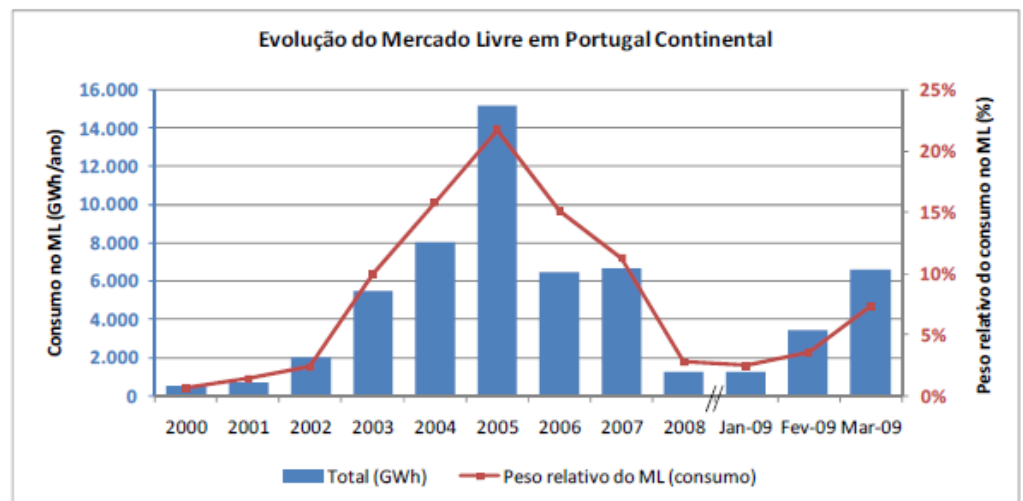


Figura 12 – Evolução mercado livre em Portugal

Como se pode contemplar através da figura 12, os primeiros anos da implementação do mercado livre foi crescendo, atingindo o seu máximo em 2005, este facto dá-se não só no número de clientes associado a este, mas

também no consumo do mercado, que nesta altura era dos mais elevados. Estes números repercutiram este grande aumento devido às tarifas entre o sistema regulado e o liberalizado, nomeadamente das tarifas de último recurso e as tarifas do mercado liberalizado, o que sucedeu num diferencial importante para os consumidores, efectuando então a troca entre os mercados. Por outro lado e devido ao início das interligações entre Portugal e Espanha, permitindo a entrada de agentes externos a Portugal, deu-se uma promoção do mercado liberalizado [11].

No ano 2006 a situação do crescimento constante reverteu-se, iniciando então um processo de retorno dos clientes do mercado liberalizado para o mercado regulado. Tal situação aconteceu devido principalmente à subida dos preços do mercado diário em Espanha, iniciando uma competitividade entre as tarifas de último recurso e as tarifas do mercado liberalizado. O aumento da passagem de consumidores do mercado liberalizado para o regulado, continuou a acentuar-se, devido também ao aumento dos combustíveis, o que se verificou a partir dos finais de 2007, resultando assim numa enorme diferença entre as duas tarifas, sendo que apenas os clientes de baixa tensão com consumos baixos foram assegurados no mercado liberalizado [11].

Após o início do ano 2009, verifica-se uma subida relativamente ao mercado liberalizado, pois os clientes que eram apenas em baixa tensão (BTN), no período anterior a 2009, começaram-se a juntar com os clientes com níveis de tensão e carga mais elevados, clientes esses que parte deles já haviam estado neste mercado antes da redução drástica no mercado liberalizado. O mercado liberalizado chegou a exceder os 27% da procura do mercado de energia em meados de 2009 [11].

A estrutura de mercado, nomeadamente a comercialização regulada da energia eléctrica em Portugal, tem sido assegurada por uma entidade independente relativamente ao operador da rede distribuição, sendo mesmo estas separadas, não podendo haver nenhuma informação passada entre as duas entidades [9].

- **Espanha**

O mercado retalhista da electricidade representa no mercado de electricidade em Espanha no ano de 2008, 26 milhões de clientes, sendo que quase metade são abastecidos através do mercado liberalizado.

A liberalização que teve o seu início no ano de 1998, vindo o culminar dos seus esforços no ano 2003 aquando a abertura total do mercado para todos os consumidores, podendo estes contratarem o abastecimento de energia eléctrica livremente, acordando então os termos com o fornecedor escolhido por cada consumidor [11].

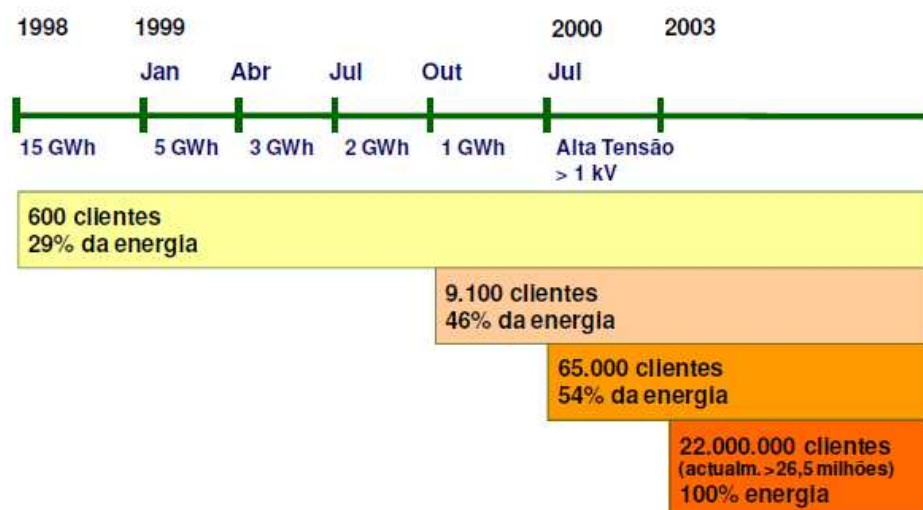


Figura 13 – Calendário de liberalização em Espanha

Como se pode constatar através a figura 13 e tal como já referido a liberalização começou em 1998, onde começam a surgir os primeiros clientes deste tipo de mercado, a partir dessa altura o mercado liberalizado viu então um grande crescimento, crescendo exponencialmente tal como aconteceu em Portugal. O processo de liberalização ocorreu de forma quase similar ao processo Português, sendo que até 2003 foram adquirindo os clientes de maior nível de tensão e consumo, a partir de 2003 abre-se o mercado aos clientes de baixa tensão, o qual se estendeu até ao ano de 2005. A partir desse ano e devido ao aumento das tarifas do mercado liberalizado e à estagnação relativamente às tarifas do mercado regulado, deu-se uma grande queda de clientes, regressando estes para o mercado regulado [11].

Já em 2007 e de maneira a contrariar o défice de consumidores do mercado liberalizado, são impostos alguns objectivos, nomeadamente, a eliminação de barreiras ao desenvolvimento da comercialização de energia, incorporando o preço do mercado de energia nas tarifas integrais e atenuando o efeito dos consumidores de maneira a que estes atinjam a suficiência tarifária. Ainda no mesmo ano e acompanhando a solução anterior, foram introduzidas revisões das tarifas trimestralmente e foram suprimidas tarifas específicas nas áreas de iluminação pública e transporte [11].

Em 2008 e deu-se um grande passo para a consolidação do mercado liberalizado, suprimindo as tarifas gerais de alta tensão e estabelecendo-se que caso estes não efectuassem um contrato no mercado liberalizados seriam facturados ao preço da tarifa de baixa tensão correspondente à maior potência que poderia ser contratada, sendo que esta teria mensalmente um acréscimo de 5% ao seu valor para os clientes AT [11].

A evolução deste mercado foi-se dando então com as regras referidas anteriormente, não sendo esta evolução de forma contínua. A energia consumida a partir do mercado livre sofreu então um aumento enorme de 2006 até 2009, passando sensivelmente de 25% em 2006 para quase 50% em 2009. A outra cota parte da energia ficou a cargo dos comercializadores de último recurso. Esta evolução pode ser vista na figura 14, que representa a evolução da procura no mercado liberalizado em Espanha, esta figura teve como base [11].

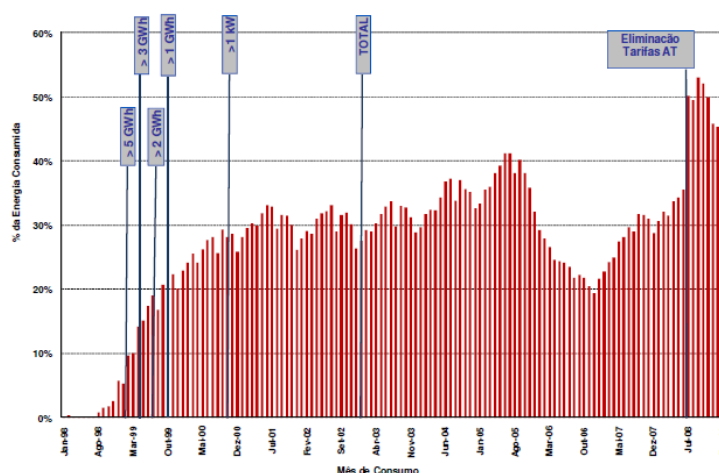


Figura 14 – Procura do mercado liberalizado em Espanha

Através da figura 14, pode ser vista claramente a evolução iniciada no início de 2007 e que levou a que a procura do mercado livre fosse maior, passando de uma procura inferior a 20% no ano 2006 para uma procura de cerca de 30% no final de 2007. Após a eliminação das tarifas na rede de AT em meados de 2008, observa-se claramente a procura do mercado livre a subir, chegando mesmo em 2009 a ultrapassar os 50%. As medidas impostas realizaram um aumento na procura de 2006 a 2009 de sensivelmente 30%, mais de o dobro da procura registada na altura do défice da mesma em 2006.

A partir dos meados do ano 2009 foi introduzido o fornecimento de último recurso, que indica que todos os consumidores deverão ter o fornecimento de energia assegurado por um comercializador, para além desta regra, foi criada também outra obrigação para alguns comercializadores de energia aplicarem

aos consumidores, com uma potência contratada igual ou inferior a 10kW, o fornecimento de serviço por parte dos comercializadores ao preço da tarifa de último recurso (TUR), a qual engloba os custos de produção, custos de acesso e custos de comercialização [11].

A TUR engloba duas componentes fundamentais, a componente de potência, a qual engloba a potência da tarifa de acesso e a margem de comercialização, bem como a componente de energia da tarifa de acesso e custo da energia fornecido, este último definido através dos custos dos contratos a prazo negociados em leilões no OMIP e no CESUR, caso esta seja entregue no mercado espanhol, será imposto um valor extra devido ao risco pela compra antecipada da energia, bem como um custo extra para os serviços de ajuste do sistema [11].

2.4 Mercado de energia ibérico – MIBEL

Esta organização conjuga o mercado Espanhol e Português de energia, é apelidada de mercado de energia Ibérico (MIBEL). O objectivo do “MIBEL” é a cooperação entre estes dois países, nomeadamente entre os sistemas eléctricos de cada um, organizando a energia comercializada nestes dois países e tentando equilibrar através de uma interligação a energia solicitada nos dois países para garantir a qualidade do serviço. Os resultados deste organismo constituem não só a concretização de um mercado da energia eléctrica a nível Ibérico, mas também um grande passo para a construção de um possível Mercado Interno de Energia, sendo este a nível Europeu [12].

O “MIBEL” apesar de ser pensado em 1998, teve quatro momentos importantes para a criação do mesmo, sendo a sua primeira fase a aprovação, a qual se deu em Novembro de 2001 através do protocolo de colaboração entre as Administrações espanhola e portuguesa para a criação do Mercado Ibérico de Electricidade., a segunda fase dá-se com a assinatura no ano 2004, de um acordo entre os dois Países, em Santiago Compostela, enquanto que a terceira fase ocorre em 2006 com a cimeira Luso-Espanhola, a quarta e última fase importante no desenvolvimento do MIBEL, dá-se com a revisão do acordo assinado em 2004 em Santiago Compostela [12].

Com este mercado Portugal e Espanha ficaram mais próximos, pois qualquer consumidor dentro do espaço Ibérico pode comercializar ou produzir energia vendendo-a ao outro país, criou-se então um regime livre de concorrência. As metas principais do MIBEL foram estipuladas de forma a apoiar os consumidores de ambos

os países, bem como os produtores. Seguidamente estão enunciadas as metas definidas para o MIBEL: [13]

- Beneficiar os consumidores de electricidade de Portugal e Espanha, através da integração dentro do sector eléctrico do respectivo país.
- Estruturar o funcionamento de mercado baseando-se na concorrência livre, na transparência entre os diversos agentes, bem como organização e objectividade.
- Favorecer o desenvolvimento do mercado através de uma referência de tarifas equitativa para ambos os países.
- Permitir o acesso ao mercado dos vários participantes, em condições, direitos e obrigações iguais para todos.
- Favorecer as empresas do sector eléctrico, promovendo condições de igualdade entre elas.

Na cimeira efectuada em 2002 ficou definido qual a composição do mercado Ibérico, sendo que estas contribuições foram dadas tanto de Espanha como de Portugal, formando-se assim dois pólos, o pólo Português e o pólo Espanhol. Na sequência da criação destes dois pólos, foi organizada uma estrutura separada para cada um destes pólos, sendo que o Português englobava os mercados a prazo e o pólo Espanhol englobava os mercados diários e intra diário [13].

Em 2004, como já referido deu-se uma fase muito importante para a formação do MIBEL, bem como para a constituição do mesmo. Neste acordo foram definidos quais os operadores a actuar nos dois pólos a fim de realizar a estrutura proposta em 2002 para estes dois pólos. Os operadores criados foram, o OMEL (OMIE) no pólo Espanhol, o qual que ficou responsabilizado por gerir os mercados diários e intra diários e no pólo Português o operador escolhido foi o OMIP, que ficou responsabilizado por gerir os mercados a prazo [13].

Na figura 15 é demonstrada a estrutura organizacional do MIBEL, esta figura tem como base a informação em [1].

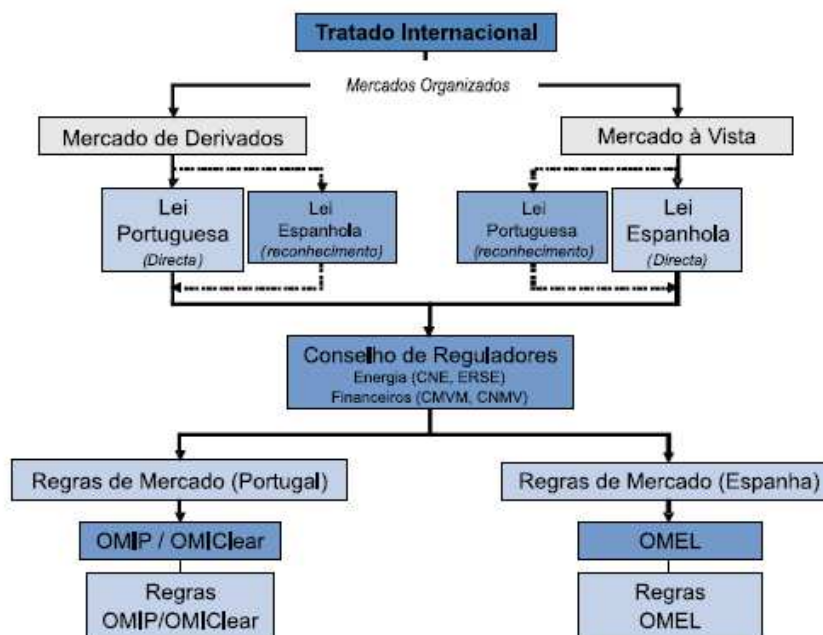


Figura 15 – Estrutura do MIBEL

O MIBEL começou então a sua actividade em 2007 e visto ter obtido rapidamente bons resultados, decidiram aprofundar o mesmo em termos de regras e de estrutura, tal como tentarem acoplar este ao mercado do Gás na Península Ibérica (MIBGAS) e criarem um acordo para permitir reservas petrolíferas e de gás natural na Península Ibérica [13].

2.5 Operadores do mercado ibérico da electricidade

2.5.1 OMEL

O OMEL, operador de mercado do pólo Espanhol do mercado Ibérico de electricidade, trata da gestão dos mercados diário e intra diário na Península Ibérica. Este foi criado em 1998, actuando apenas em Espanha, após a definição do MIBEL e de acordados os operadores, este entrou em funções, sendo que a data de começo de actividade no mercado Ibérico de energia passa pelo ano 2007. O mercado tem como responsabilidade também a comunicação a todos os membros, da liquidação das obrigações e créditos a serem feitos para a energia contratada nos respectivos mercados [14].

Os agentes a operar no OMEL são entidades devidamente habilitadas, tais como compradores e vendedores de energia. Actualmente os agentes para poderem pertencer a este grupo têm de ser, produtores de regime ordinário ou

de regime especial, comercializadores, comercializadores de último recurso, consumidores directos ou representantes de agentes de vendedores ou compradores [15].

A participação no mercado realiza-se através de um sistema electrónico de contratos, que permite aos agentes criarem várias ofertas de compra e venda de energia, permitindo também as transacções e liquidações correspondentes à compra e venda de forma transparente [16].

O mercado diário, o qual é um mercado da responsabilidade do OMEL, integra também as ofertas de venda e de compra relativas ao OMIP, bem como os contratos bilaterais internacionais [16].

Actualmente as funções do OMEL são exercidas pelo OMIE, em cumprimento do disposto no Convénio Internacional MIBEL assinado entre Espanha e Portugal [14].

2.5.2 OMIP

O OMIP foi criado em Junho de 2003 e trata-se de uma entidade que opera no mercado Ibérico, sendo este o operador do pólo Português juntamente com a OMIClear, entidade esta que assegura a câmara de compensações, bem como a contraparte das operações realizados no mercado Ibérico [17].

Os objectivos deste concentram-se principalmente no desenvolvimento do mercado Ibérico. Seguidamente são enunciados os objectivos principais definidos para este operador: [17]

- Contribuir para o desenvolvimento do mercado Ibérico, dando oportunidades a qualquer participante, independentemente da sua localização, dimensão ou tipo de actividade, para se tornarem mais competitivos no sector eléctrico
- Promover preços de referência Ibéricos, desenvolvendo a actividade económica no mercado, contribuindo através de indicadores, tais como, a actividade e a tarifa.
- Disponibilizar instrumentos para a gestão de risco, pois devido à possível flutuação de valores de tarifa, principalmente porque não se trata de um mercado na hora, torna-se necessário haver elementos, que compensem essa diferença de tarifa, com este objectivo dá-se então a criação de

empresas que assumam o risco, quer por conta própria, quer através de terceiros.

- Superar algumas limitações do Mercado OTC (over the count), mercado este que não é regulado, sendo que os valores são ajustados às diversas situações. Por outro lado no OMIP as negociações têm um carácter de valores standard, beneficiando o participante, de maneira a que o negócio torna transparente, anónimo e elimina também os riscos adjacentes aos contratos.

Numa primeira fase o OMIP começou apenas com produtos futuros, sendo que estes organizam-se em intervalos temporais maiores que os mercados diário e intra diário, pois os intervalos de tempo associados a este operador, situavam-se em semanas, meses, trimestres ou anos, ficando igualmente associado à compensação dos contratos do mercado não regulado (OTC). O OMIP, não procura evoluir o seu sistema, podendo apostar noutros produtos para os períodos de ponta e para os restos dos meses [1].

Os contratos do OMIP, quando estão para ser liquidados, estes podem ser liquidados fisicamente no OMEL, no mercado diário, ou podem ser feitas as suas liquidações junto do Banco de Portugal [1].

Na figura 16, podem ser contemplados alguns dos actuais clientes que fazem parte do OMIP. Esta figura tem por base [1].

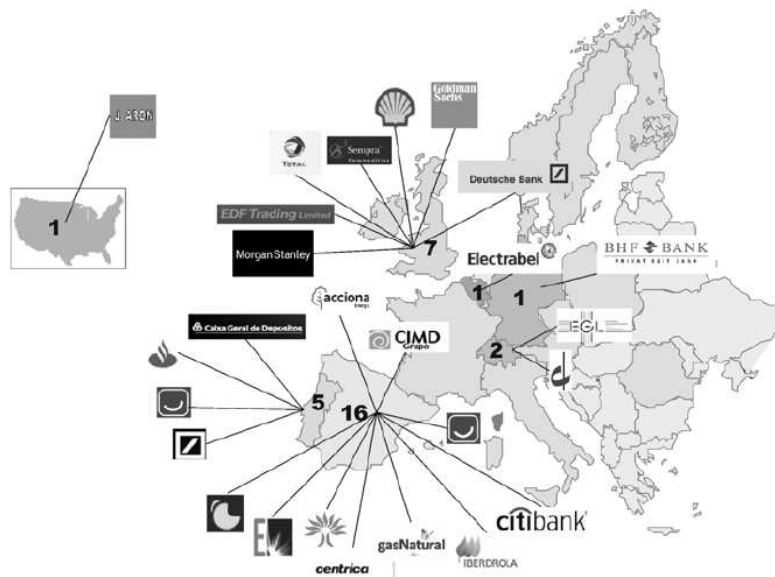


Figura 16 – Clientes do OMIP

2.6 Mercado diário

O mercado diário, da responsabilidade do operador de mercado do pólo Espanhol, o OMEL, tem por objectivo transaccionar a energia eléctrica referente ao dia seguinte daquele a que as ofertas são feitas, mediante a apresentação de licitações de venda e aquisição de energia por parte dos agentes de mercado [18].

Os vendedores neste mercado são obrigados a cumprir as regras afectas ao mercado diário de energia, através de contratos de adesão ao mesmo. As ofertas dos vendedores são apresentadas ao operador de mercado e estas cumprem vinte e quatro períodos de programação, o que corresponde a vinte e quatro horas, sendo que este horizonte temporal corresponde ao dia seguinte do encerramento da recepção das ofertas [18].

As unidades que não disponham de contrato bilateral físico, têm obrigação de apresentar as suas ofertas no mercado diário. Todas as unidades cuja potência de produção se situem abaixo dos 50MW, dada a lei 54/97, não estão abrangidas de qualquer obrigatoriedade de licitar no mercado de ofertas, podendo fazê-las nos momentos que estes acharem mais oportunos. Para os produtores em regime especial, a declaração do excedente no mercado da energia é facultativa, mantendo-se no direito a recepção de prémios [18].

Nos compradores de energia deste mercado destacam-se os distribuidores de energia, no caso de Portugal esse lugar é ocupado pela EDP, porém existem vários agentes que podem comprar energia, nomeadamente, os comercializadores, os consumidores que são qualificados para tal, bem como alguns agentes externos que contemplam os meios necessários para a sua inserção no mercado de energia. Todos estes elementos podem então apresentar ofertas de compra no mercado diário, sendo que para esse efeito terão de estar inscritos no mercado correspondente, neste caso, no mercado diário. As várias ofertas de aquisição da energia eléctrica emitidas pelo comprador são apelidadas de unidade de aquisição. Os compradores deste tipo de mercado têm objectivos ao comprarem a energia e esses objectivos são os seguintes: [18]

- Os comercializadores de último recurso, colocam as suas ofertas para garantirem aos seus clientes o abastecimento da energia, o grupo de clientes associado a este tipo de comercializadores são os consumidores cujo contrato se baseia em tarifa regulada.
- Os comercializadores que adquirem energia para posteriormente vendê-la a consumidores qualificados.

- Os consumidores directos, que podem adquirir a sua energia através do mercado organizado ou através de um elemento já anunciado, que é o comercializador, assinando um contrato bilateral físico com um produtor, ou permanecendo temporariamente como consumidor com contrato em tarifa regulada.

As ofertas de compra e venda, podem ser realizadas, colocando a oferta da energia bem como o preço da mesma, sendo que a distribuição da venda (oferta) é organizada por lanços no sentido crescente e a distribuição da compra (procura) é organizada no sentido decrescente [18].

O tipo de ofertas que os compradores podem oferecer são do tipo simples, onde o comprador licita uma dada energia de que este seja titular enunciando o seu valor energético e atribuindo-lhe um preço, por outro lado o comprador pode efectuar também ofertas em condições complexas, que são aquelas que para além dos constituintes a nível da oferta simples, pode também trazer outras condições, tais como: indivisibilidade, graduação de carga, entradas mínimas e paragem programada [18].

No mercado diário integram-se também as posições do operador do Mercado Ibérico de Energia do pólo Português (OMIP), mediante ofertas de aquisição ou venda. Integram-se também os leilões de emissões de energia que ocorrem no mercado diário, nomeadamente a compra e venda de energia, tal como referida anteriormente. Por último este mercado integra também leilões por parte dos produtores, para adquirir energia de forma a cumprirem contratos já acordados [18].

O operador de mercado, neste caso o OMEL, receberá as ofertas de compra e venda da energia no mercado diário, podendo estas ser do tipo simples ou complexas. As ofertas do tipo simples englobam o volume da energia eléctrica aceite para as unidades de produção, bem como o preço marginal do mercado. O método complexo, envolve não só o cálculo dos índices resultantes do cálculo de mercado, o qual é considerado como sendo o método simples, mas este contempla também outros factores, tais como: invisibilidade e graduação de carga. O cálculo do mercado será obtido através de um cálculo repetitivo, contemplando as concertações simples até que as unidades de oferta atinjam a condição de entrada mínima. Este cálculo engloba também as paragens programadas [18].

No caso de existir uma congestão interna entre os dois países, o que por vezes ocorre no mercado Ibérico, os mercados separam-se (market splitting), sendo que em cada um dos países irá existir preços de mercado diferentes [18].

O preço em cada um dos períodos do dia é definido através do cruzamento da oferta e da procura, sendo que o valor de energia e o preço correspondente é o pertencente ao último lançamento na curva da oferta numa situação normal. No caso do “market splitting” o preço do país exportador é o correspondente ao preço da última oferta casada do país correspondente, enquanto que no país importador o preço de mercado corresponde ao preço máximo correspondente aos encontros das ofertas de ambas as zonas [18].

Nos mercados são calculados, o preço de mercado e a energia associada ao mercado. O preço calculado é o preço pela qual a energia é vendida pelos produtores aos compradores aquando o cálculo deste preço, calcula-se também o número de energia vendida por cada um dos produtores. Na figura 17 é apresentado um exemplo de um gráfico tipo do mercado e esta é baseada na informação existente no site da ERSE.

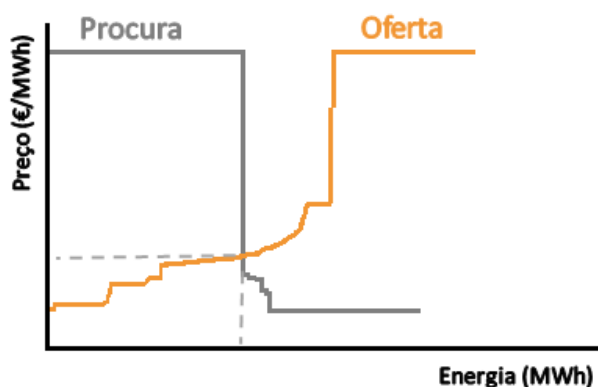


Figura 17 – Exemplo de um gráfico de mercado de energia

Tal como se pode visualizar na figura 17 e tal como já descrito, o cálculo do preço de mercado é obtido através da intersecção entre a curva da oferta, cujos preços são ordenados de forma crescente enquanto que a curva da procura, ao contrário da curva da oferta tem os preços organizados de forma decrescente.

As licitações casadas situam-se à esquerda do ponto de intersecção e estas representam as vendas efectivas realizadas por cada um dos produtores, relativamente ao ponto de intersecção, este correspondente à energia que efectivamente foi comercializada.

Na figura 18, pode ser contemplado o exemplo de um dia no mercado diário, tendo por referência um dos exemplos que pode ser consultado no site do OMEL.

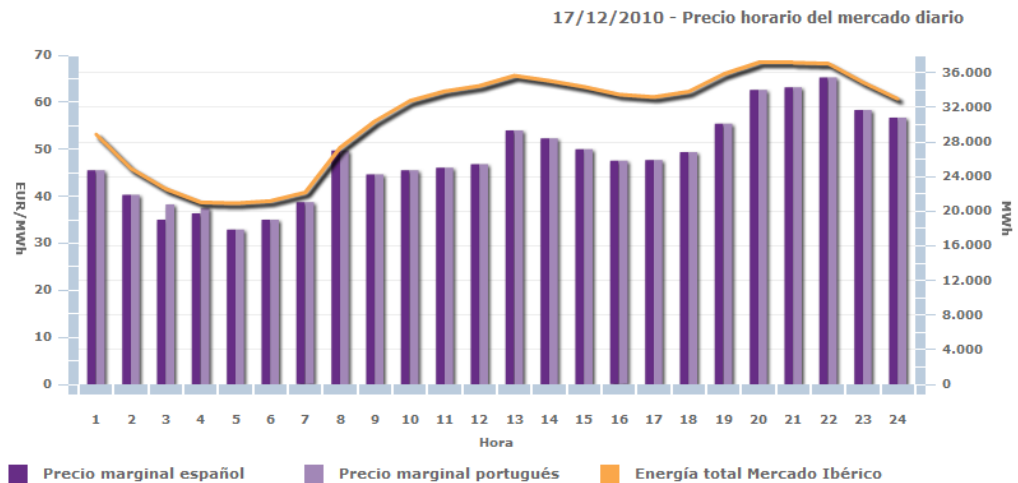


Figura 18 – Exemplo do mercado diário (OMEL)

Na figura 18 podemos constatar a energia transaccionada pelo mercado Espanhol e o mercado Português bem como a energia total transaccionada no mercado Ibérico, indicada pela linha amarela. Na hora 3 e na hora 4 deste dia, existe uma discrepância entre os mercados Português e Espanhol, discrepância essa que se deve ao facto de haver necessidade de existir uma interligação de energia de um país para o outro, neste caso, como o valor do mercado Português é superior ao do Espanhol, então o fluxo de energia desloca-se no sentido de Espanha para Portugal na interligação entre os dois países, o que significa que Portugal, não tem energia produzida que chegue no país para cobrir o consumo do mesmo.

2.7 Mercado intra diário

O mercado intra diário, integra o mercado ibérico de electricidade, este tem por objectivo principal, a comercialização de energia eléctrica através da apresentação de ofertas de compra e venda por parte dos agentes de mercado, agentes esses que são os equivalentes aos do mercado diário de energia.

O mercado é dividido por seis sessões, sendo estas distribuídas por várias horas, na tabela 1 estão indicadas as horas referentes a cada uma das sessões, esta tabela tem por base [19].

| | SESSÃO 1º | SESSÃO 2ª | SESSÃO 3ª | SESSÃO 4ª | SESSÃO 5ª | SESSÃO 6ª |
|--|---------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| Abertura de sessão | 16:00 | 21:00 | 01:00 | 04:00 | 08:00 | 12:00 |
| Encerramento de sessão | 17:45 | 21:45 | 01:45 | 04:45 | 08:45 | 12:45 |
| Concertação | 18:30 | 22:30 | 02:30 | 05:30 | 09:30 | 13:30 |
| Recepção dedesagregações de programa | 19:00 | 23:00 | 02:45 | 05:45 | 09:45 | 13:45 |
| Análise de restrições | 19:10 | 23:10 | 03:10 | 06:10 | 10:10 | 14:10 |
| Publicação PHF | 19:20 | 23:20 | 03:20 | 06:20 | 10:20 | 14:20 |
| Horizonte de programação (períodos horários) | 28 horas (21-24) | 24 horas (1-24) | 20 horas (5-24) | 17 horas (8-24) | 13 horas (12-24) | 9 horas (16-24) |

Tabela 1 – Horário das sessões do mercado intra diário

Na figura 19 está representado um cronograma, o qual representa as sessões apresentadas anteriormente, esta figura tem por base a informação existente no site da ERSE.



Figura 19 – Cronograma do mercado intra diário

As ofertas de venda de energia poderão ser licitadas por agentes habilitados para efectuar a venda de energia eléctrica no mercado diário, que inclusivamente já tivessem efectuado a sua participação no mercado diário correspondente ou também podem fazer a sua oferta de energia através contratos bilaterais. Os agentes podem

participar nos horários das sessões já referidas anteriormente, caso estes efectuem a sua participação no mercado diário, ou caso estes não o poderem fazer por estarem indisponíveis.

As ofertas da energia eléctrica podem ser do tipo simples, ou do tipo complexas, sendo que estas últimas são motivadas pelo seu conteúdo.

As ofertas de venda de energia do tipo simples, são tal e qual as ofertas de venda já descritas no mercado de energia diário, enquanto que as ofertas de venda complexas sofrem uma pequena diferença, nomeadamente ao nível das condições que são as seguintes: graduação de carga, entradas mínimas, aceitação completa da licitação da primeira oferta de venda, aceitação completa em cada hora da licitação da primeira oferta de venda, número mínimo de horas consecutivas de aceitação completa da licitação da primeira oferta de venda e a energia máxima [19].

As ofertas de aquisição de energia eléctrica neste mercado poderão ser efectuadas por todos os agentes habilitados para efectuar as suas ofertas nos mercados de energia, tal como acontecia com o mercado diário. Os agentes que poderão efectuar as suas ofertas de aquisição de energia são aqueles que já tiveram uma participação no mercado diário da sessão respectiva e sobre o qual é aberta a sessão do mercado intra diário, ou então caso seja executado um contrato bilateral [19].

Tal como já acontecia nas ofertas de venda, as ofertas de aquisição de energia eléctrica podem ser de dois tipos, sendo elas do tipo simples ou complexo. As ofertas de aquisição do tipo simples são aquelas em que os compradores fazem uma licitação, na qual vêm englobados o preço e a energia de compra correspondente, estas licitações são apresentadas em cada período de programação de uma das seis sessões disponíveis no mercado intra diário já referidas anteriormente. Relativamente às ofertas de aquisição complexas, englobam as do tipo simples e contêm algumas condições que as tornam complexas, condições essas que são as mesmas condições que as ofertas complexas de venda já enunciadas anteriormente [19].

Verifica-se então que as ofertas de aquisição são praticamente iguais às de venda, sendo que existe uma excepção entre elas, que é a condição de pagamento máximo na situação de venda, que é equivalente não ao pagamento máximo na situação de aquisição, mas sim ao pagamento mínimo, estes valores variam consoante as ofertas realizadas pelos agentes de mercado. As ofertas de aquisição do mercado deverão ter um valor tal, de maneira a respeitar as limitações declaradas pelo operador do sistema, neste caso, o OMEL [19].

O preço em cada um dos períodos do dia é definido através do cruzamento da oferta e da procura, sendo que o valor de energia e o preço correspondente do mercado, é o pertencente ao último lanço na curva da oferta numa situação normal. No caso do

cálculo do mercado através do método complexo, obtêm-se os valores através do método simples, executando várias iterações, até que todas as unidades simples respeitem as unidades complexas, nessa altura será formada uma primeira solução provisória. A solução definitiva formar-se-á após um processo repetitivo que respeita a capacidade máxima de interligação internacional [19].

A figura 20 contempla o mesmo dia que o mercado diário, mas neste caso no mercado intra diário, para se poder observar as diferenças entre os dois mercados, sendo que a diferença fundamental, passa pela energia transacionada neste mercado que toma valores muito inferiores ao do mercado diário, devido a este mercado representar apenas uma pequena parte de agentes relativamente ao mercado diário de energia, a figura tem por base o site do OMEL.

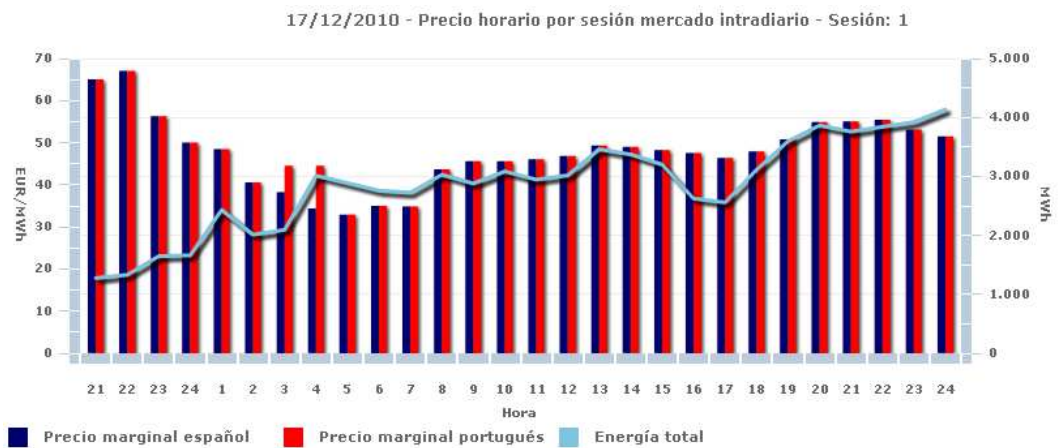


Figura 20 – Exemplo do mercado intra diário (OMEL)

2.8 Mercado a prazo

O mercado a prazo, é um mercado organizado que é orientado pelo operador no pólo Português (OMIP), este oferece produtos de gestão de risco. Os produtos transaccionados neste mercado são contractos de compra e venda de energia, que têm um horizonte temporal futuro, nomeadamente, semanas, meses, trimestres ou mesmo anos. Os tipos de contractos transaccionados dependem das necessidades de gestão de risco, bem como na troca de energia entre os diferentes agentes do mercado [20].

Neste mercado actualmente estão disponibilizados os seguintes tipos de contratos:
[20]

- **Contratos futuros** – Trata-se de um contrato de compra ou venda de energia para um determinado intervalo de tempo em que há um compromisso entre o comprador e o vendedor, onde ficará fixado um determinado valor de preço de energia. Não existe nenhum contacto directo entre o comprador e o vendedor, sendo que cabe à câmara de compensação a supervisão do contracto e a divisão dos fundos criados pela diferença entre o preço de mercado diário e o preço contratado.
- **Contratos Forward** – Trata-se de um contrato de compra ou venda que estará pressuposto para um dado intervalo temporal e que o comprador da energia comprometer-se-á a adquiri-la nesse intervalo temporal, o preço de venda será o preço acordado aquando a celebração do contrato, sendo que estas liquidações dar-se-ão no momento da entrega da energia.
- **Contratos SWAP** – Destinam-se à troca de posições de preços variáveis e posições de preços fixos, gerindo assim o risco, não se trata então de uma entrega de um produto, mas apenas uma liquidação de margem do mesmo.

Actualmente o contracto mais utilizado é o contrato futuro, pois é aquele que oferece mais fiabilidade a nível de compra e venda de energia. Dentro deste contrato existem dois tipos de produto para possível contratação, são eles: [20]

- **Baseload** - Neste produto a quantidade de energia é constante para cada hora do dia.
- **Peakload** – Neste caso, a energia transaccionada não se baseia nas 24 horas, mas sim nas 16 horas de pico (das 9h às 24h) dos dias úteis.

Neste mercado estão contemplados os seguintes intermediários financeiros: [20]

- Intermediários financeiros qualificados para o comércio de energia;
- Produtores em regime ordinário;
- Comercializadores
- Outros agentes do sector eléctrico.

2.9 Agente de mercado

Consideram-se agentes de mercado, todos aqueles que intervêm no mesmo, de forma física ou jurídica, nomeadamente nas acções que tenham lugar no mercado da produção de energia eléctrica, comprando ou vendendo essa energia.

Estes agentes para poderem comprar ou vender energia eléctrica, no mercado, têm de estar contemplados nos diferentes tipos de agentes que estão enunciados nas regras de funcionamento do mercado de produção de energia eléctrica, sendo que os agentes enunciados são os seguintes: [15]

- Produtores de energia eléctrica em regime ordinário
- Produtores de energia eléctrica em regime especial
- Comercializadores
- Consumidores directos do mercado
- Os representantes

3 Oferta e Procura

3.1 Produção de energia – Oferta

3.1.1 Centrais de energia

3.1.1.1 Introdução

Em seguida serão enumeradas diversas centrais de produção de energia eléctrica, explicitando em seguida sucintamente o seu funcionamento, bem como algumas das características fundamentais de cada uma delas. As centrais escolhidas formam um conjunto diversificado na questão do aproveitamento dos recursos disponíveis no mundo e estas foram separadas em duas partes. Uma das partes é constituída por três centrais que produzem energia através da utilização de recursos não renováveis (gás natural, carvão e urânio), enquanto que a outra parte contempla as centrais que aproveitam os recursos disponíveis no mundo através de fontes renováveis, como por exemplo, a água, o vento ou o sol.

3.1.1.2 Carvão

Uma central a carvão, é uma central termoeléctrica, pois esta produz energia através da libertação de calor, causada pela queima do combustível fóssil associado, neste caso o carvão.

- **Funcionamento**

O funcionamento deste tipo de central baseia-se na libertação do vapor num circuito fechado, no qual se encontra um alternador, que irá iniciar a produção de energia eléctrica, com o movimento mecânico presente no veio do mesmo, o que acontece devido à força exercida pelo vapor nas pás da turbina ligada ao veio do alternador.

Para elucidar melhor este funcionamento, é apresentada em seguida uma representação de uma central termoelétrica a carvão. Esta figura tem por base a informação recolhida no site da Unesa.

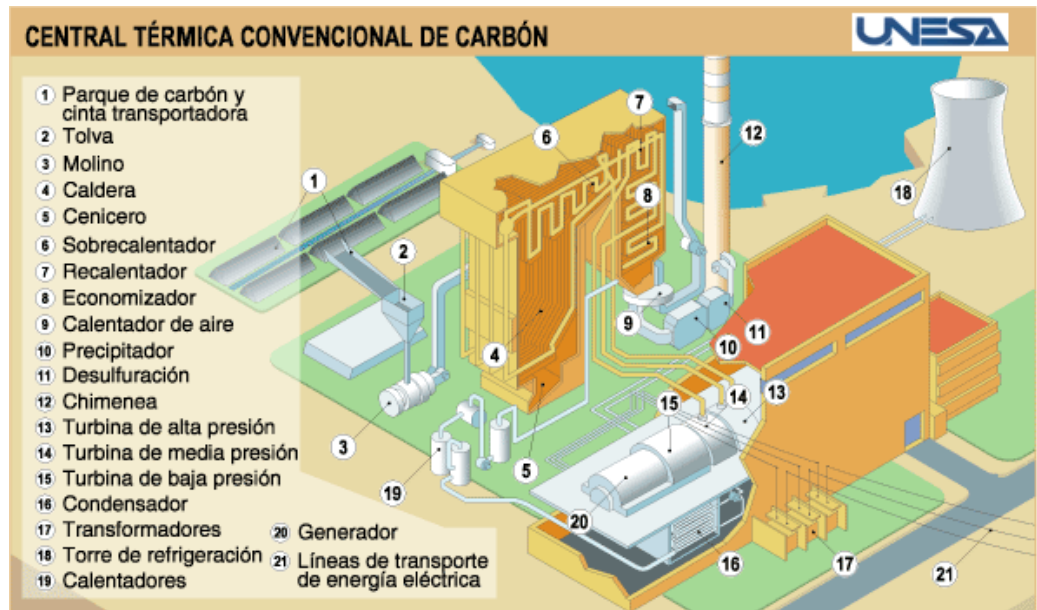


Figura 21 – Central termoelétrica a carvão

Na figura 21, pode-se contemplar o esquema de uma central de produção de energia térmica, cujo combustível é o Carvão. A produção deste tipo de central dá-se através do carvão que está aglomerado num parque próprio (1), que é enviado para um moinho (3), que tritura parte dele devido aos grandes bocados de carvão, após a trituração, o carvão é então injectado na caldeira (4) na qual se dá o processo da queima.

Após este processo inicial, é produzido o vapor que serve para a produção de energia, sendo que parte desse não é aproveitado e é expelido então através da chaminé (12) após ter passado por um processo de arrefecimento, no qual estão inseridos vários equipamentos, para o arrefecimento do vapor (6, 7 e 9) e também para reduzir o número de gases a emitir pela central para a atmosfera (10 e 11). O vapor que é aproveitado é guiado até à zona das turbinas (13,14 e 15) que através da pressão do vapor vão girar e através de um veio ligado ao gerador (20), este roda igualmente, dando origem então à produção de energia, através do aproveitamento da energia mecânica aplicada no veio. Parte deste vapor é reaproveitado para um novo ciclo de produção, sendo que este passa ainda por um condensador (16) para aumentar a sua pressão e por um aquecedor (19), o restante vapor não aproveitado é arrefecido na torre de refrigeração (18).

Por último, a energia produzida no gerador vê o seu valor de tensão elevado através dos transformadores (17) para uma posterior ligação à rede de transporte através das linhas de alta tensão (21).

- **Investimento inicial**

Esta tecnologia é uma das mais antigas em todo o mundo, pois o recurso utilizado por esta central como combustível é o carvão, sendo que este recurso já tem sido utilizado durante vários anos e o seu poder calorífico já é notório desde o início da revolução industrial. Para além disso este recurso é muito abundante e não é dos mais caros. Em contrapartida o rendimento da central não é muito favorável, sendo que o mesmo ronda os 40% [21].

Esta central, devido à tecnologia nela empregue e ao espaço necessário para a implementar, torna-se um pouco mais cara do que algumas centrais que poderão ser vistas seguidamente. Estima-se que no global o investimento deste tipo de centrais ande à volta de 0,9 M€ por MW instalado [22].

Apesar deste valor de investimento ser um pouco elevado, estas centrais têm uma vantagem, que é o facto do seu combustível (carvão) ser barato e estar quase sempre disponível ao contrário do que acontece nas centrais de energia renovável, tornando-as em parte mais económicas e com um factor de carga maior.

- **Custo de Operação e manutenção**

Dado que esta central necessita de carvão como combustível para trabalhar, existe então um factor que tem de ser contabilizado no custo de operação, que é o facto da necessidade da disponibilidade para colocação do carvão na central. Em algumas destas centrais este transporte pode ser feito através de camiões ou mesmo através de comboios apelidados de "carvoeiros", tais como os comboios que fazem a ligação da central de Sines à central do Pêgo.

Relativamente à manutenção e dada a necessidade de supervisão relativamente a todo este processo, dado que este envolve alguns elementos perigosos, tais como as caldeiras onde se dão as queimas do carvão, torna-se necessário a supervisão das centrais através de equipas destacadas para o efeito, assegurando então a segurança da central.

O valor total do custo de operação e manutenção nas centrais térmicas a carvão é de cerca de 47,25 €/kWh [22].

- **Custo do combustível**

O custo do combustível, neste caso o do carvão, ao longo dos anos tem vindo a subir, tudo isto devido ao fecho de minas e também à grande utilização deste.

Apesar de este estar mais caro, continua a ser o mais barato em preço unitário relativamente aos outros recursos não renováveis, como por exemplo o gás ou o petróleo.

Em seguida é apresentada um gráfico que caracteriza a evolução ao longo destes anos últimos anos do custo do carvão [23].

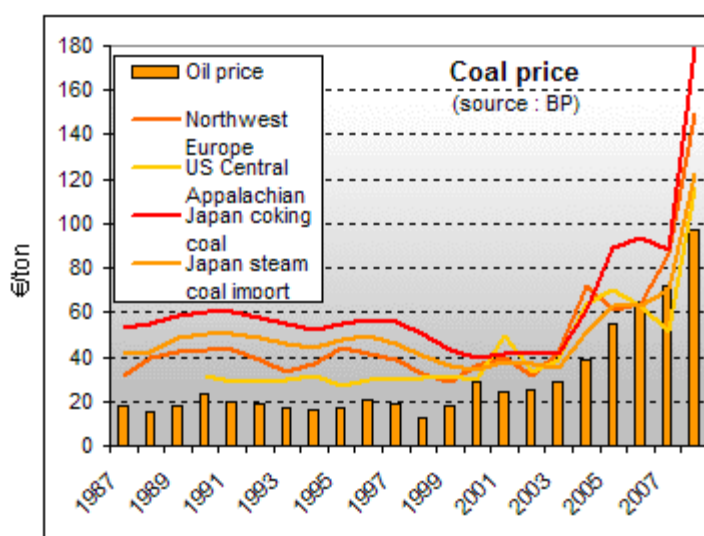


Figura 22 – Evolução do preço do carvão (2009)

Como se pode ver através da figura 22, temos que a partir do ano 2005 até ao ano 2009 houve um aumento de mais de 100% no preço da tonelada de carvão. Neste gráfico pode ser visto também o preço do barril de petróleo, que tem um aumento, tal como o carvão de mais de 100%.

- **Custo de emissão de CO2**

Um dos contras deste tipo de central, passa pela elevada emissão de CO₂, e sendo este um gás de estufa, cria uma camada no topo da atmosfera que deixa incidir os raios ultravioletas, mas não deixando que estes saiam da atmosfera, causando então o aquecimento global, que dá origem ao problema do degelo dos glaciares e o conseqüente aumento do nível da água. Com o acordo de Quioto foi imposto um limite de emissões de CO₂ para quem as imite, se esse

valor for ultrapassado terá que se pagar uma taxa resultante da diferença entre a produção de CO₂ e a taxa limite permitida.

- **Utilização**

Esta central tem vindo a reduzir as suas horas de funcionamento, sendo que entre as centrais térmicas esta é uma das que menos produz. Alguns dos factores que levam a que esta central seja menos utilizada do que as outras centrais térmicas são a essencialmente o rendimento e as emissões da mesma. Comparando-a com as centrais de energia renovável, o combustível (carvão) necessário ao seu funcionamento está sempre disponível, o que não acontece as outras.

Estima-se que estas centrais tenham um total de horas de utilização que ande à volta das 1942 horas anuais [24].

3.1.1.3 CCGT

Uma central de ciclo combinado, cujo combustível é o gás natural, tal como a primeira, é uma central termoelétrica, pois a produção de energia através desta central baseia-se na libertação de calor causada pela queima do combustível associado, neste caso o gás natural. Esta não é apenas uma central convencional de queima, tendo outra característica, que também faz elevar o rendimento da mesma e que passa pelo aproveitamento do vapor, para nova produção de energia eléctrica.

- **Funcionamento**

O funcionamento deste tipo de central baseia-se na queima do gás natural, que produz vapor, que por sua vez faz girar as pás de uma turbina, que através de um veio se encontra ligada a um alternador, provoca a transformação da energia mecânica resultante da rotação em energia eléctrica.

A grande vantagem deste tipo central é que não contempla apenas um ciclo de queima, pois nesse caso esta seria apenas uma central a gás natural convencional, sendo que o que distingue a central de ciclo combinado de uma central convencional é o facto de aproveitar o vapor libertado pela queima do gás natural para iniciar um novo ciclo de produção de energia eléctrica, melhorando assim o rendimento da central.

Para elucidar melhor este funcionamento, é apresentada em seguida uma representação de uma central termoelétrica a ciclo combinado, juntamente com os elementos que fazem parte desta. Esta figura tem por base a informação recolhida no site da Unesa.

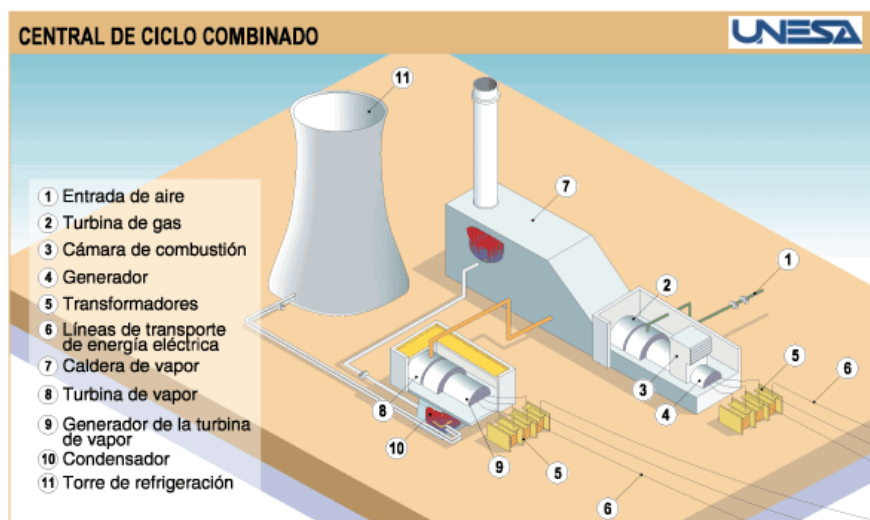


Figura 23 – Central termoelétrica a ciclo combinado

Na figura 23 pode-se analisar então a representação da central de ciclo combinado. A central começa a produção através da entrada de ar (1), que juntamente com a concentração do gás injectado na câmara de combustão que por sua vez faz girar a turbina (2), inicia-se então a produção de energia devido a um veio ligado da turbina (2) ao gerador (4), que através da energia mecânica produzida pelo veio giratório, o gerador transforma essa energia mecânica em eléctrica. Após esta produção de energia torna-se necessário elevar o nível de tensão para poder-se proceder ao seu transporte, sendo feita uma ligação do gerador aos transformadores (5), que por sua vez ligam às linhas de transporte (6).

Numa segunda fase o vapor originado pela combustão inicial do gás, é acumulado numa caldeira de vapor, onde estará uma nova turbina, uma turbina a vapor (8), que tal como o processo descrito anteriormente, através de um veio mecânico, esta está ligada a um gerador de energia (9). Através da rotação desse veio dá-se a transformação da energia mecânica em eléctrica. Posteriormente pode-se proceder ao seu transporte, o qual é feito através de uma ligação do gerador a um outro grupo de transformadores (5), que por sua vez ligam às linhas de transporte (6), dependendo do nível de tensão, podem ser utilizadas as mesmas linhas ou terá de haver necessidade de serem criadas outras.

O vapor resultante deste processo é condensado através de um condensador (10), para posteriormente ser arrefecido numa torre de arrefecimento (11).

- **Investimento inicial**

Esta central, devido à tecnologia nela empregue e o espaço mais reduzido necessário à implementação da mesma, torna-se mais barata que a de carvão. Estima-se que no global o investimento deste tipo de centrais é de 0,42 M€ por MW instalado [22].

Apesar deste valor de investimento ser o mais baixo de todas as centrais aqui apresentadas, tendo inclusivamente menos de metade do investimento inicial empregue numa central termoelétrica a carvão e tendo a vantagem em relação a esta do seu rendimento ser superior, o qual estima-se ser de aproximadamente 55% [21], estas centrais têm uma desvantagem relativamente às de a carvão, que é o facto do seu combustível ser mais caro que o da central a carvão.

- **Custo de Operação e manutenção**

Dado o volume de elementos existente nesta central sujeitos a manutenção, o qual é inferior à da central a carvão, o custo de manutenção desta é também inferior à central termoelétrica a carvão.

O custo a nível de operação passa por ter uma equipa a controlar a central, pois o material utilizado nesta é explosivo (gás natural), pelo que é necessário algum controle.

O valor total do custo de operação e manutenção nas centrais térmicas a gás natural é de 25,62 €/kWh [22].

- **Custo do combustível**

O custo do combustível, neste caso o gás natural, ao longo dos últimos anos tem caracteriza-se por uma grande instabilidade de preços, tudo isto devido à enorme exploração que este tem sido sujeito. É um dos combustíveis mais usados desta última década, sendo mesmo as centrais de ciclo combinado, as centrais mais usadas, quando existe uma referência a centrais de queima de combustíveis fósseis.

Devido a esta enorme procura e à enorme necessidade em tê-lo, o gás natural na última década teve uma grande subida de preço, sendo um dos combustíveis fósseis um dos mais caros.

Em baixo é apresentada um gráfico que caracteriza a evolução ao longo destes anos últimos anos do custo do gás natural [25].

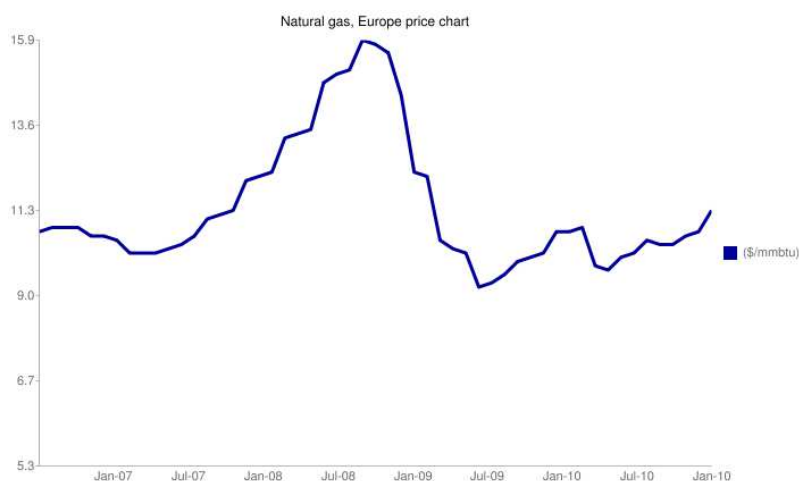


Figura 24 – Evolução do preço gás natural (2011)

Como se pode contemplar através da figura 24, temos um pico por parte do preço do gás natural em 2008, esta situação deu-se nesta altura, pois foi quando se deu a grande subida do preço do petróleo, o que originou a inflação de vários recursos, entre os muitos recursos afectados, o gás natural foi um deles.

Actualmente o preço do gás natural tem baixado, mas mesmo apesar deste estar mais barato que anteriormente, o gás natural continua a ser mais caro que o carvão.

- **Custo de emissão de CO2**

Um dos contras deste tipo de central, passa pela produção de CO₂, e sendo este um gás de estufa, cria uma camada no topo da atmosfera que deixa incidir os raios ultravioletas, não deixando que estes saiam da atmosfera, causando então o problema do aquecimento global, que trás o degelo dos glaciares, aumentando então o nível da água, contribuindo então para a redução da costa terrestre. Relativamente à central apresentada anteriormente a carvão, a quantidade de CO₂ expelido nesta central é muito inferior aquela.

Como dito anteriormente, com o protocolo de Quioto foi definido um valor de emissões por entidade, passando esse valor, tal como as centrais a carvão, as

centrais a gás natural, terão de pagar uma taxa, pela produção de CO2 em excesso.

- **Utilização**

Esta central é utilizada sobretudo em horas de ponta, nas quais se dá a grande necessidade de energia. Esta só entra nestas horas pois este tipo de centrais são rápidas no arranque e devido aos custos associados a estas, nomeadamente o custo do combustível só entram em funcionamento nestas alturas, para além disso o combustível (gás natural) necessário ao seu funcionamento está sempre disponível, o que não acontece nas centrais de energia renovável.

O factor de carga associado a este tipo de central totaliza cerca de 2560 horas de utilização durante um ano [24].

3.1.1.4 Hídrica

A central de hídrica é uma central de energia renovável em que o combustível desta é a água. Este tipo de central produz energia eléctrica através da queda de água nas pás das turbinas, o que irá originar a produção de energia.

- **Funcionamento**

O funcionamento deste tipo de central baseia-se na passagem de água nas pás de uma ou mais turbinas, criando o movimento destas, as quais vão provocar uma rotação do alternador, que irá produzir energia.

Para elucidar melhor este funcionamento, é apresentada em seguida uma representação de uma central hídrica. Esta figura tem por base a informação recolhida no site da Unesa.

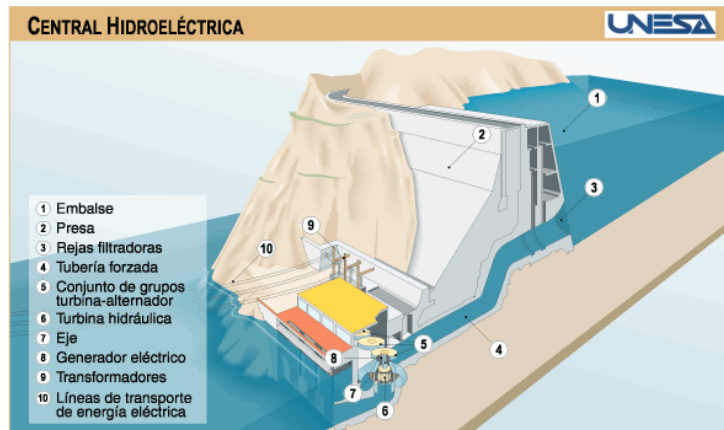


Figura 25 – Central hídrica

Na figura 25, pode-se analisar a representação de uma central hídrica, sendo que a primeira parte da central é o reservatório (1), uma das partes fundamentais deste tipo de central, pois é aqui que a água fica retida para uma futura necessidade de produção de energia.

Na barragem (2) deste reservatório é incluído um canal (4), que liga o reservatório de água à turbina (5) que fica alojado no fim do canal. A água do reservatório liga ao canal através de uma escotilha, a qual só é aberta quando se dá a necessidade da central trabalhar. Esta escotilha (3) é regulada através da central e esta permite a regulação do caudal na turbina e permite o fecho da mesma, quando o nível da água estiver abaixo do permitido.

A turbina liga através de um veio a um alternador (5), o qual estará ligado a um transformador (9), que irá adequar a tensão de saída para os postes de alta tensão (10) para esta estar ao mesmo nível de tensão que o nível de tensão da rede naquele local.

- **Investimento inicial**

Esta central, devido ao volume da construção civil que nela é empregue e devido ao espaço necessário para a implementar, torna-se um pouco cara. Estima-se que no global o investimento deste tipo de centrais ande à volta de 2,5 M€ por MW instalado [22].

Apesar deste valor de investimento ser alto, aliás ser praticamente seis vezes maior que uma central a ciclo combinado esta hídrica não tem a desvantagem que ocorre noutras hídricas, pois sendo esta hídrica, uma hídrica de albufeira, a água está sempre disponível para turbiar, o que já não acontece nas hídricas a fio-de-água. Torna-se então num investimento positivo pelo facto do recurso

estar sempre disponível e de este ser gratuito, resultando assim na ausência de uma despesa.

- **Custo de Operação e manutenção**

A manutenção desta central é muito mais barata quando comparada com as centrais térmicas, pois os principais elementos que podem sofrer alguma manutenção passam pela escotilha, a turbina, ou mesmo a parte da subestação da central, dado que o resto da central assenta na enorme estrutura cívil criada para a barragem, a qual é extremamente duradoura.

A nível de operação passa por ter uma equipa a controlar a central e dadas as necessidades de ordens de comando, bem como o controlo que tem de ser dado à central a nível de supervisão devido ao grande tamanho da mesma a nível de operação tem um custo maior.

O valor total do custo de operação e manutenção resultante da operação e manutenção nas centrais hídricas é de 34,65 €/kWh [22].

- **Custo do combustível**

O custo do combustível, e tal como em todas as centrais a energias renováveis é nulo, pois o combustível, neste caso o recurso (água), é proveniente da natureza, pelo que neste caso não faz sentido em falar de custo de combustível.

- **Custo de emissão de CO₂**

O combustível desta central é um combustível limpo, pelo que não existe libertação de CO₂.

A única situação onde existem emissões por parte destas centrais é inicialmente com a construção da mesma, sendo que durante a produção de energia tal como dito anteriormente não há emissões, pelo que não são consideradas quaisquer emissões para este tipo de central.

- **Utilização**

O contra deste tipo de centrais, reside no facto de que o factor de carga nestas centrais é baixo, pois o recurso utilizado como combustível, neste caso a água nem sempre se encontra disponível.

Em baixo é apresentada uma figura que elucida melhor a queda de água durante um ano (precipitação) [26].

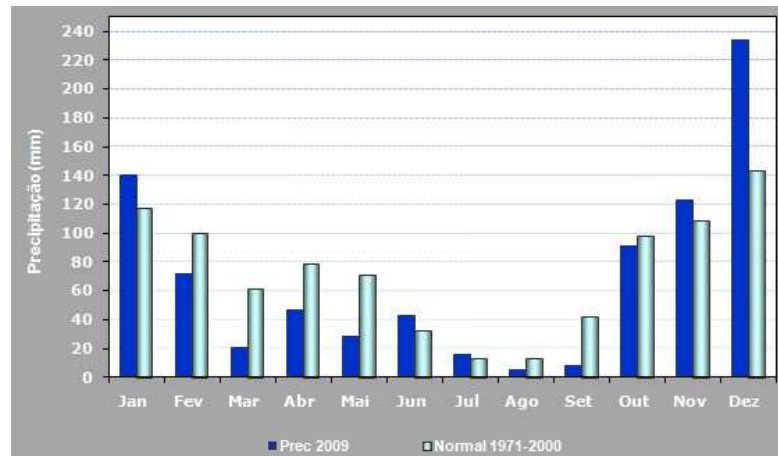


Figura 26 – Precipitação ano 2009 em comparação com anos 1971 a 2000

Como se pode ver através da figura 26, onde está contemplada a comparação entre a precipitação no ano de 2009 e nos anos de 1971 a 2000. Pode-se confirmar que esta dá-se mais na altura do Inverno, época propícia para o enchimento das barragens e altura em que devido ao nível máximo ser praticamente atingido, as centrais hídricas entram em produção.

Comparando 2009 com a média dos anos anteriores, podemos ver que na altura do Inverno o nível de precipitação subiu relativamente aos anos anteriores, o que quer dizer que as centrais têm mais água para turbinar, sendo que as horas de utilização anuais para as centrais do tipo albufeira encontram-se por volta das 2200 horas [24].

3.1.1.5 Eólica

A central de eólica é uma central de energia renovável em que o recurso utilizado é o vento. Esta é também designada por parque eólico, pois não têm apenas um elemento para a produção de energia, mas sim vários. Estes elementos têm o nome de aerogeradores e estes produzem energia eléctrica com a passagem do vento pelas pás de uma hélice, o que irá originar a produção de energia.

- **Funcionamento**

O funcionamento deste tipo de aerogeradores baseia-se na passagem do vento pelas pás de uma hélice, a qual gira, provocando a rotação do seu eixo que está ligado a um gerador.

O gerador produz energia através do movimento mecânico causado pela rotação da hélice, resultante do fluxo de vento na passagem deste pelas pás da mesma. O aerogerador tem no fundo da torre ou perto desta um posto de seccionamento e transformação, que serve para a transformação de energia e para a ligação dos vários aerogeradores dentro do parque eólico. A transformação final de tensão ocorre na subestação do parque eólico que eleva o nível de tensão para posterior distribuição pela rede.

Para elucidar melhor o funcionamento, é apresentada em seguida uma representação de um aerogerador [27].

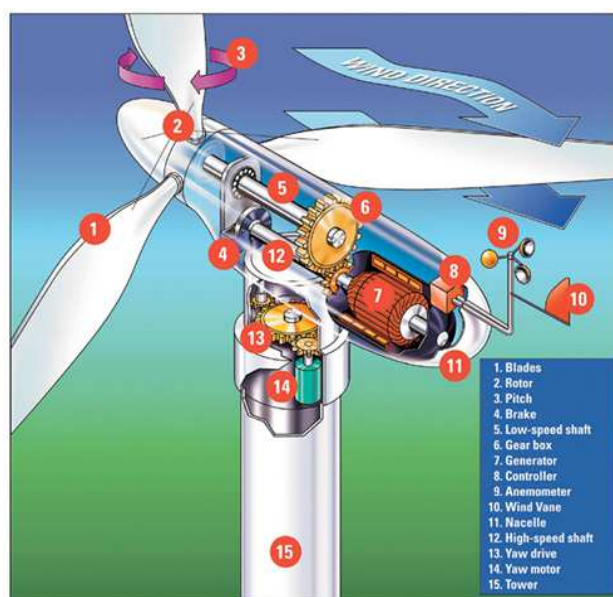


Figura 27 – Esquema tipo de um aerogerador

Na figura 27 estão então representados os vários elementos constituintes de um aerogerador, podendo assim perceber-se o funcionamento do mesmo. As partes principais são as hélices (1), que através da passagem do vento fazem com que o rotor (2) gire, provocando uma rotação no veio de transmissão (5), que por sua vez está ligado a um outro veio (12), de forma a criar uma rotação maior no alternador (7), devido à redução da roda dentada (6).

O aerogerador tem também um anemómetro, que mede a velocidade do vento e a sua posição, para que através de um pequeno motor, que gira aproveitando a energia produzida pelo alternador, as hélices se posicionem a favor do vento de maneira a que estas apanhem maior fluxo de ar e assim aumentar o número de horas de utilização equivalente.

Após a produção de energia no alternador, esta está ligada a um transformador que fica na base da torre. Caso a potência do aerogerador seja elevada esta pode ser construída próximo da base da torre, de forma a elevar o nível de tensão no parque eólico de forma a ligar os vários aerogeradores com cabos de secção mais baixa. Em seguida é apresentado um exemplo de um parque eólico, com vários aerogeradores. Esta figura tem por base a informação recolhida no site da Unesa.

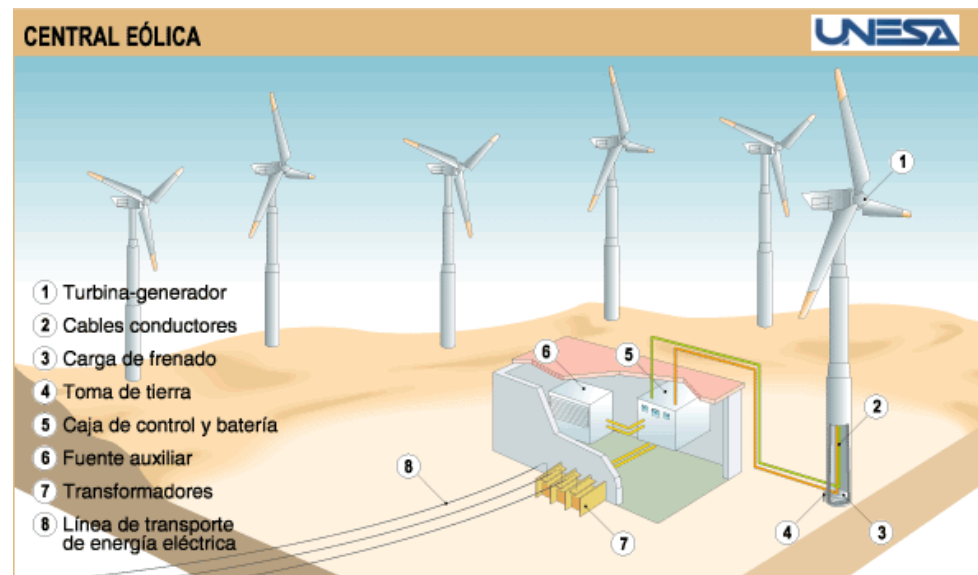


Figura 28 – Parque Eólico

Através figura 28 pode-se ver a subestação de saída de um parque eólico, sendo que esta está normalmente ligada numa distribuição do tipo anel ao conjuntos dos aerogeradores, estando esta ligação executada em cada um dos

aerogeradores, num pequeno posto de seccionamento, que se encontra no fundo de cada um deles. Este posto de transformação serve não só para a ligação do conjunto dos vários aerogeradores, mas também para a ligação do aerogerador a um transformador permitindo elevar o nível de tensão do mesmo, resultando numa secção menor de cabos dentro do parque eólico. Através da figura contempla-se então que após a produção de energia no aerogerador, os cabos à saída do mesmo ligam a uma caixa que controla (5) a tensão de saída do conjunto dos aerogeradores. Após este controlo, a ligação é feita a um transformador (7) que aumenta o nível de tensão para uma distribuição de energia pela rede eléctrica.

- **Investimento inicial**

Esta central não é das mais caras, pois trata-se de uma central que já tem tudo construído, apenas é necessário a montagem dos vários aerogeradores no local, bem como a terraplanagem do terreno e passagem de cabos entre os aerogeradores. Estima-se que o global de investimento de um parques eólico ande à volta de 0,8 M€ por MW instalado [22].

Apesar do valor de investimento não ser dos mais altos e sendo esta uma central de energia renovável, tal como a central hídrica, tem uma desvantagem, que é o facto do recurso (vento), tal como a água na hídrica, não estar sempre disponível para utilização. Embora o coeficiente de utilização seja mais baixo que o das centrais térmicas, esta central torna-se melhor que as centrais térmicas pelo facto do consumo deste tipo de combustível não ser pago, resultando assim na ausência de uma despesa.

- **Custo de Operação e manutenção**

A manutenção desta central, devido à quantidade de equipamento a ela associada (aerogeradores, transformadores), a manutenção deste é baixa, pois este equipamento, não tem praticamente manutenção nenhuma.

A nível de operação, passa por ter uma equipa a controlar apenas os valores obtidos na central, sendo assim, esta tem um custo muito baixo comparativamente às outras centrais.

O valor total do custo de operação e manutenção resultante da operação e manutenção nos parques eólicos é de sensivelmente 9,45 €/kWh [22].

- **Custo do combustível**

O custo do combustível, e tal como em todas as centrais a energias renováveis é nulo, pois o recurso (vento) é proveniente da natureza, pelo que neste caso não faz sentido em falar de custo de combustível.

- **Custo de emissão de CO2**

O combustível desta central é um combustível limpo, pelo que não existe libertação de CO2.

A única situação onde existe emissões por parte destas centrais é inicialmente com a construção da mesma, sendo que durante a produção de energia tal como dito anteriormente não há emissões, pelo que não são consideradas quaisquer emissões para este tipo de central.

- **Utilização**

O contra das centrais a energia renovável, tal como dito é que os recursos nem sempre estão disponíveis, como é o caso do combustível desta central, o vento.

Em baixo é apresentada uma figura que elucida melhor a quantidade de vento durante a temporada 2010/2011. Esta figura tem por base os dados retirados da estação meteorológica da Moita [28].

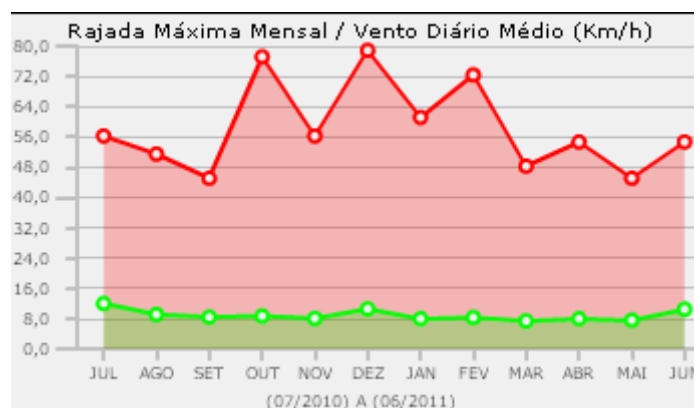


Figura 29 – Intensidade média do vento e rajadas máximas, na estação meteorológica da Moita

Através da figura 29, pode-se contemplar qual a variação do vento ao longo dos meses, durante o último semestre de 2010 e o primeiro semestre de 2011, verificando então que apesar da diferença da intensidade média do vento mantêm-se praticamente constante em quase todo o ano tendo o seu pico em Dezembro. Relativamente às rajadas máximas, existe uma diferença, sendo esta notada claramente entre os meses de Outono e de Inverno, onde atingem, tal como na intensidade média no mês de Dezembro, o seu pico, com praticamente 80 km/h.

O factor da intensidade do vento é preponderante para a produção de energia a partir deste tipo de central, sendo que a nível de utilização esta é uma das centrais com menos horas anuais de utilização.

Estima-se que em média a energia produzida através do vento se situa por volta das 2162 horas anuais [24], sendo que este valor varia consoante o tipo de parque eólico.

3.1.1.6 Fotovoltaica

A central fotovoltaica é uma central de energia renováveis em que o combustível desta é a radiação solar. Esta central não é composta apenas por um elemento, mas por vários elementos, sendo esses elementos, painéis solares os quais todos juntos irão originar a produção de energia.

- **Funcionamento**

O funcionamento deste tipo de painéis baseia-se, nas várias mini células fotovoltaicas que cada painel fotovoltaico tem, as quais transformam a radiação solar em energia eléctrica.

As células irão estar incluídas nos painéis, sendo que cada painel contém dezenas destas pequenas células (figura 30), variando de painel para painel, consoante a potência de cada um. Os painéis irão estar ligados entre si, tal como acontecia nos aerogeradores, só que nesta situação estas células produzem uma tensão contínua, a qual tem que ser transformada para alternada e tem ainda que ser elevada para a distribuição da mesma.



Figura 30 – Célula fotovoltaica

Para elucidar melhor este funcionamento, é apresentada em seguida uma representação de uma central fotovoltaica. Esta figura tem por base a informação recolhida no site da Unesa.

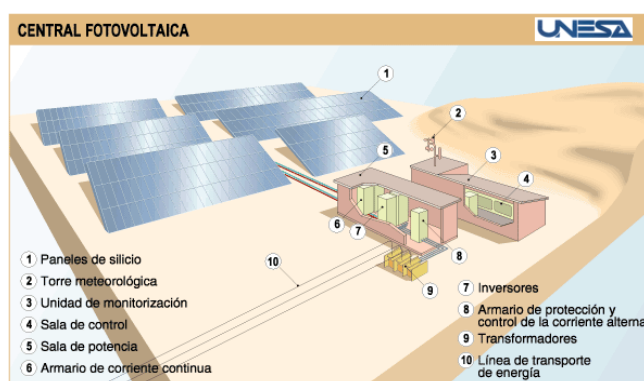


Figura 31 – Esquema tipo de uma central fotovoltaica

A figura 31, apresenta a disposição tipo do material existente numa central fotovoltaica. Como descrito anteriormente, a produção de energia eléctrica neste tipo de central, passa pela captação de radiações solares através dos painéis fotovoltaicos (1), que podem rodar consoante a informação recolhida e transmitida para estes pela sala de controlo (4), de maneira a que estes consigam captar mais radiações solares, sendo reposicionados automaticamente para o local de maior incidência de raios solares. Após a captação da radiação solar, tal como referido anteriormente a tensão dos painéis encontra-se em corrente contínua e sendo a rede de distribuição em corrente alternada, existe então uma conversão DC/AC, através de um armário que recebe a corrente contínua (6) e que através de um inversor é convertida para alternada (7), esta tensão necessita então de ser filtrada e esta filtragem é executada através do armário de corrente alternada (8), limpando-a de resíduos parasitas. Em seguida esta é enviada para o transformador (9) onde será elevado o seu nível de tensão de forma a que esta seja distribuída na rede de transporte, através das linhas de transporte de energia (10).

- **Investimento inicial**

Esta central, dado ao preço elevado de cada uma das células fotovoltaicas e dado o inúmero valor de células que são utilizados neste tipo de centrais, torna o investimento inicial por MW num valor muito elevado, cerca de 3,2 M€ por MW instalado [22].

Pode-se dizer então que no leque de centrais escolhidas esta é a mais cara a nível de investimento, uma desvantagem para qualquer investidor, mas com outras vantagens, que irão ser enunciadas seguidamente.

- **Custo de Operação e manutenção**

A manutenção desta central, dado a que esta se baseia em painéis fotovoltaicos não tem grande manutenção, sendo que a manutenção desta dá-se apenas a nível da sala de controlo, bem como dos equipamentos existentes nesta.

Neste caso a durabilidade dos painéis é de cerca de 20 anos, pelo que sendo assim não é necessária qualquer manutenção ou qualquer operação pois estes duram bastantes anos.

A nível de operação, passa por ter uma equipa mais pequena pois a necessidade de controlo também não é muito grande.

Uma das grandes vantagens desta central passa então por ter os custos de manutenção e operação muito baixos, sendo que o valor total do custo de operação e manutenção resultante da operação e manutenção nas centrais fotovoltaicas é de sensivelmente 6,30 €/kWh [22].

- **Custo do combustível**

O custo do combustível, e tal como em todas as centrais a energias renováveis é nulo, pois o recurso (radiação solar) é proveniente da natureza, pelo que neste caso não faz sentido em falar de custo de combustível.

- **Custo de emissão de CO2**

O combustível desta central é um combustível limpo, pelo que não existe libertação de CO2.

A única situação onde existe emissões por parte destas centrais é inicialmente com a construção da mesma, mesmo assim este valor é tão baixo que pode-se considerar desprezável.

- **Utilização**

O contra das centrais a energia renovável, tal como dito acontecia nas outras centrais a energia renovável, é que o recurso nem sempre está disponível.

Esta radiação solar, como é claro existe em abundância na altura em que se tem o sol a descoberto, ou seja, maioritariamente durante a época de Verão e principalmente durante o dia. Na figura 32 pode ser vista a intensidade máxima e média da radiação solar, a qual tem por base os dados retirados da estação meteorológica da Moita [28] e na qual pode ser contemplada a informação anterior, sendo que a média da radiação solar dá-se nos meses de Junho a Agosto, o que corresponde à altura do Verão, tal como esperado a menor radiação ocorre nos meses de Inverno, nomeadamente entre Novembro e Janeiro.

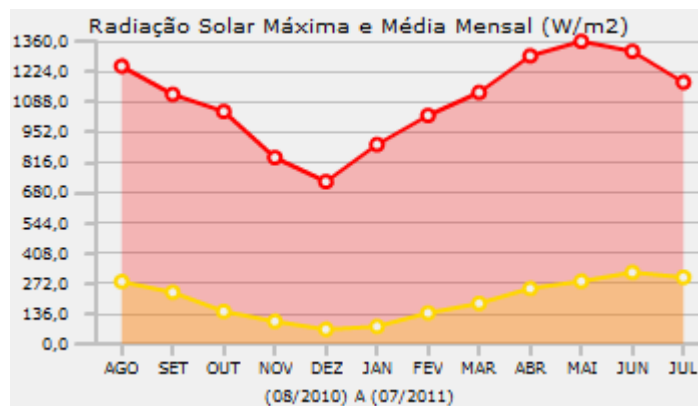


Figura 32 – Intensidade média e máxima da radiação solar, na estação meteorológica da Moita

Estima-se que as horas de utilização desta central andem à volta das 1743 horas anuais [24], sendo que estas, do conjunto de centrais referido são as que têm menos horas de produção anualmente.

3.1.1.7 Nuclear

Uma central nuclear tem como combustível o urânio. Tal como uma central termoelétrica, este tipo de central produz energia elétrica através do vapor, libertado pela cisão do urânio no reator.

- **Funcionamento**

O funcionamento deste tipo de central baseia-se na cisão do urânio, dentro de um reator, causando uma enorme libertação de energia sob a forma de calor. Dado que as placas se encontram em contacto com a água fria, o aquecimento desta, forma o vapor, que quando é libertado faz girar as pás de uma turbina, que ligada a um alternador, provocando a transformação desta energia mecânica em elétrica.

Para elucidar melhor este funcionamento, é apresentada em seguida uma representação de uma central nuclear. Esta figura tem por base a informação recolhida no site da Unesa.

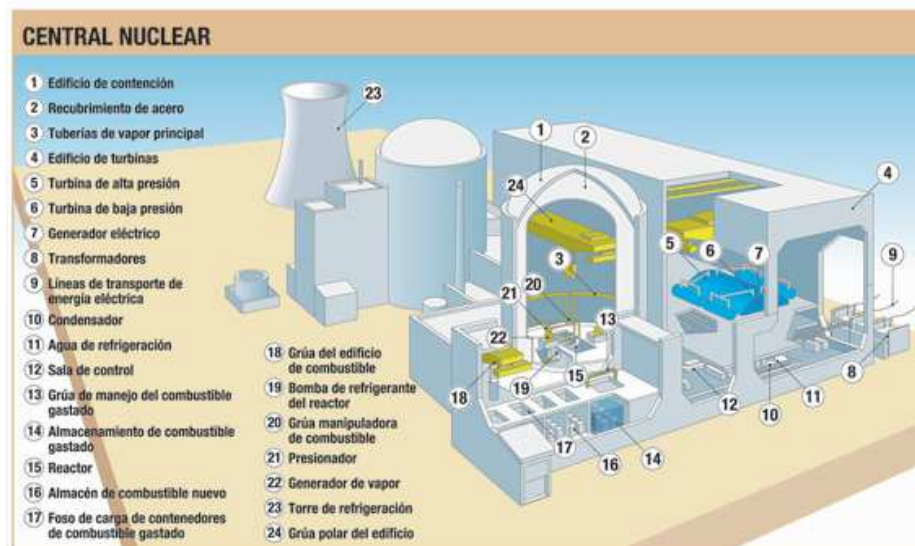


Figura 33 – Central nuclear

Na figura 33, está representada uma central nuclear, no qual se pode visualizar, o edifício de contenção (1) no qual será feita toda a produção do vapor, este edifício contém o reator (15) e a bomba de água, bem como todos

as tubagens necessárias para a condução do vapor, até à turbina. O processo de criação do vapor dá-se então com a cisão no reactor (15) das placas de urânio, o que irá criar uma enorme energia calorífica, através da bomba de refrigeração (19). Esta alta temperatura ao entrar em contacto com a água origina o vapor, esta situação dá-se no gerador de vapor (22), após o gerador de vapor e através dos tubos (3) instalados para o envio do vapor para a turbina, a pressão do vapor embate nas pás da turbina (5, 6), causando a rotação da mesma, o que irá originar numa energia mecânica.

As turbinas por sua vez tendo um veio ligado a um gerador, através da energia mecânica fornecida a esse veio, criará então no gerador uma rotação do mesmo, produzindo energia eléctrica, que por sua vez e tal como acontece em todas as centrais, tem de ter um nível elevado de tensão para se proceder ao transporte da mesma. A transformação acontece num transformador (8), que elevará o nível de tensão, que ligado às linhas de transporte (9), ligarão a central à rede de transporte.

O vapor é arrefecido e transformado em água num condensador (10) e que através da bomba enunciada anteriormente (19) reaproveita a água arrefecida é para um novo ciclo de produção de energia, arrefecendo essa água novamente a energia libertada pelo reactor. Por sua vez o vapor que não é possível aproveitar é enviado para a torre de refrigeração (23).

- **Investimento inicial**

Esta central, devido à imensa tecnologia nela empregue, principalmente na parte da produção de calor que consiste na separação de átomos do combustível (urânio) fica no topo da tabela das centrais não renováveis. Estima-se que no global o investimento deste tipo de centrais ande à volta de 1,8 M€ por MW instalado [22].

Apesar de este valor ser alto relativamente às outras centrais térmicas, esta tem duas grandes vantagens, que é a pouca emissão de gases de CO₂ para a atmosfera e o custo combustível, que apesar de ser mais caro torna-se mais barato devido à sua durabilidade.

- **Custo de Operação e manutenção**

A nível de manutenção e devido ao processo que dá origem à produção de energia eléctrica, esta central a nível de manutenção tem semelhanças relativamente às outras centrais térmicas, sendo que esta precisa de um pouco

de mais manutenção devido ao grande perigo que esta representa, no caso do mau funcionamento de algum dos seus componentes.

O custo a nível de operação e dada a tamanha importância deste tipo de central e vigilância devido ao produto ser nuclear, tem um custo de operação alto.

Estes dois factores levam a que este tipo de central tenha o valor mais alto a nível de custo de operação e manutenção entre todas as centrais definidas.

O valor total do custo de operação e manutenção resultante da operação e manutenção nas centrais nucleares é de sensivelmente 79,80 €/kWh [22].

- **Custo do combustível**

O custo do combustível, neste caso o urânio é elevado, mas dado à qualidade e durabilidade do mesmo, este combustível torna-se mais barato relativamente aos combustíveis fósseis enunciados anteriormente.

Em baixo é apresentada uma figura que caracteriza a evolução ao longo destes últimos anos do custo do urânio. Esta figura tem por base a informação recolhida em [29].



Figura 34 – Evolução do preço do urânio (2011)

Como se pode ver através da figura 34, tem-se um crescente por parte do preço do urânio no primeiro semestre do ano 2011, que desde Março tem decaído até à data actual. A razão deste pico dá-se devido à grande procura de urânio devido à produção de energia através de centrais nucleares. Este aumento galopante do preço do urânio pára e inclusivamente dá uma pequena

queda devido ao desastre de Fukushima, que preocupou todas as centrais nucleares, bem como todos os investidores deste tipo de central.

- **Custo de emissão de CO2**

Dado que esta não é uma central de queima, esta não liberta qualquer valor de CO2, tal como acontece nas centrais a energia renovável. Sendo que a única contribuição nas emissões de CO2 dá-se na parte construtiva e de manutenção da central.

Como este valor é tão baixo normalmente nem é considerado como emissão de CO2.

- **Utilização**

Dado que é uma central que produz muita energia e devido à qualidade do material usado nela, a sua utilização é praticamente constante.

O contra desta central quanto à sua utilização e construção passa pelo perigo do seu mau uso, que pode causar explosões por parte do reactor provocando uma explosão nuclear.

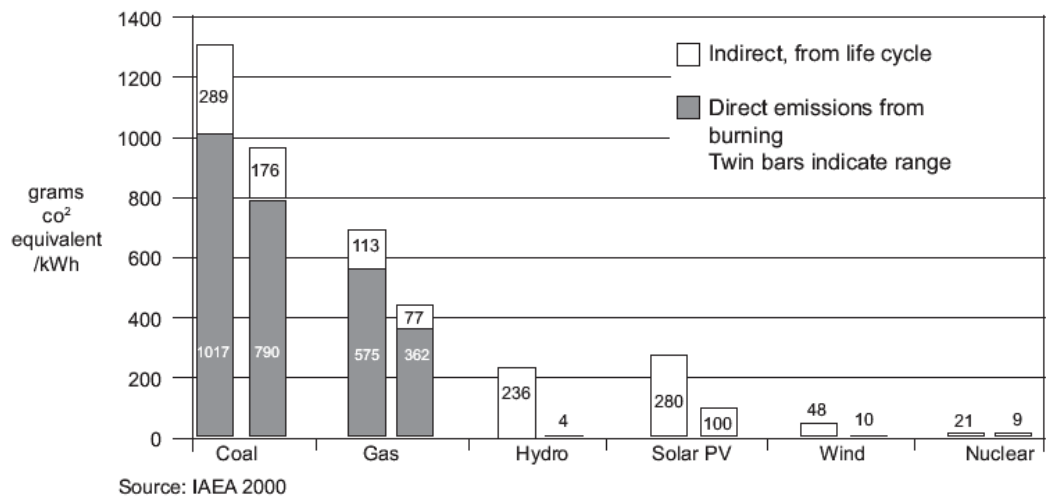
Estas centrais tal como as outras centrais térmicas já enunciadas têm as mesmas horas de funcionamento, estimando-se assim que as horas de produção da central nuclear se situam por volta das 7971 horas anuais [24].

3.1.2 Comparação de Centrais de energia

Tal como referido anteriormente, as centrais que apresentam emissões de CO2, visíveis enquanto produzem energia são as centrais a carvão e a gás natural, sendo que as outras centrais apenas emitem CO2, na sua concepção e manutenção, sendo que esses valores não interessam para o cálculo das emissões de CO2 por parte das centrais de produção de energia eléctrica.

Em baixo é apresentada uma figura que representa as quantidades de emissões emitidas pelos vários tipos de centrais. Esta figura tem por base a informação contida em [30].

Greenhouse Gas Emissions from Electricity Production



¹ Reactor requirements are currently about 60,000 tonnes per year.

Figura 35 – Emissões de CO₂ em centrais de energia

Tal como se pode ver através da figura 35 e confirmando o que foi referido anteriormente temos as centrais a gás e a carvão com emissões durante a produção (directas) e as restantes apenas com emissões devido a construção e manutenção (indirectas), as quais foram ignoradas devido a elas não serem afectadas consoante a produção de energia. Tal como se pode ver através da imagem a central que menos emite menos gases é a nuclear, que para além das vantagens enunciadas anteriormente tem aqui mais uma grande vantagem, sendo a que emite menos CO₂ durante a sua construção.

As características principais das centrais enunciadas no ponto 3.1.1, encontram-se na tabela 2, a qual oferece um resumo das várias características principais a reter das centrais de produção de energia eléctrica. O tempo de construção e o tempo de vida útil das centrais a Carvão, CCGT e nucleares têm por base [31], relativamente ao tempo de vida útil das restantes centrais foi baseado em [22], enquanto que o tempo de construção das centrais, eólica, fotovoltaica e hídrica tem por base [32], [33] e [34], respectivamente.

| Centrais | Combustível/Recurso | Investimento | Custo de Operação e Manutenção | Tempo de Vida | Tempo de construção | Rendimento | Emissões CO2 |
|----------|---------------------|---------------------|--------------------------------|------------------|---------------------|---------------|--------------|
| Carvão | Carvão | 0,9 M€/MW instalado | 47,25 €/kWh | Cerca de 30 anos | Cerca de 4 anos | Cerca de 40 % | 900 g/kWh |
| CCGT | Gás natural | 0,4 M€/MW instalado | 25,62 €/kWh | Cerca de 20 anos | Cerca de 2 anos | Cerca de 55 % | 470 g/kWh |
| Hídrica | Água | 2,5 M€/MW instalado | 34,65 €/kWh | Cerca de 50 anos | Cerca de 6 anos | - | - |
| Eólica | Vento | 0,8 M€/MW instalado | 9,45 €/kWh | Cerca de 20 anos | Cerca de 1/2 ano | - | - |
| Solar | Radiação solar | 3,2 M€/MW instalado | 6,30 €/kWh | Cerca de 20 anos | Cerca de 1 ano | - | - |
| Nuclear | Urânio | 1,8 M€/MW instalado | 79,80 €/kWh | Cerca de 30 anos | Cerca de 5 anos | - | - |

Tabela 2 – Características das centrais eléctricas

3.2 Consumo de energia – Procura

O consumo de energia está distribuído entre vários sectores que são principalmente os seguintes: sector doméstico, sector dos transportes, indústria e comércio.

Comparando o volume de electricidade no ano 2009 em território nacional com origem na rede pública [35], temos uma redução na evolução do consumo de energia que se mantinha ao longo dos últimos anos, mais exactamente desde 1981, ano esse em que se registou a última redução no consumo de energia. O valor do consumo no ano 2009 ronda os 49.9 TWh e relativamente ao ano 2008, este apresenta uma redução de 1,4 %.

Apesar desta redução de consumo, a ponta que ocorreu em 2009 ultrapassou a ponta verificada no ano 2007 no mês de Dezembro, a qual tinha o valor mais elevado.

A ponta do ano 2009 verificou-se em Janeiro, mais precisamente no dia 12 e teve um máximo de 9217 MW.

Na figura 37 pode ser visto o dia que atingiu a ponta anual no ano 2009 [35].

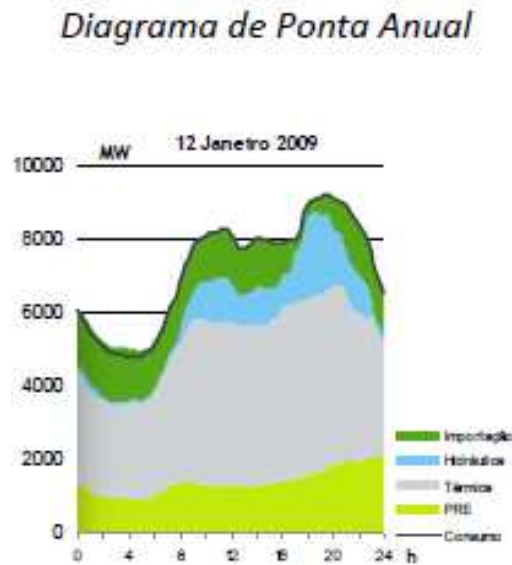


Figura 36 – Ponta anual (Ano 2009)

A produção através de centrais térmicas não registou qualquer variação entre o ano de 2009 e o anterior, sendo que continua a ser este tipo de produção, a mais utilizada tal como tem vindo a acontecer ao longo do tempo, representando cerca de 48% do consumo nacional.

No ano 2009, deu-se também um grande aumento a nível da produção de electricidade a partir de recursos hídricos, apesar de não ter sido um ano com muita precipitação, este ano teve uma produção superior ao ano transacto, sendo que neste ano a produção em centrais hídricas cobriram cerca de 14% do consumo nacional.

Outro tipo de produção que tem vindo a aumentar nestes últimos anos é a produção em regime especial, que conta com as centrais a energia eólica, solar, biomassa, cogeração e mini-hídricas. Estas centrais no total totalizaram no ano 2009 cerca de 29% do consumo nacional, sendo que metade desta energia foi produzida através de centrais eólicas, as quais têm sofrido um grande investimento, por parte dos produtores.

Relativamente à importação da energia através das interligações com Espanha, verifica-se que no ano 2009 este número reduziu abruptamente relativamente ao ano transacto, sendo que a redução atingiu sensivelmente a metade da satisfação do

consumo que havia sido atingida no ano anterior. O consumo abastecido através das interligações foi o mais baixo desde o ano 2003, ficando nos 9% do consumo total.

Através da figura 38 pode-se constatar todos os pontos referidos anteriormente, sendo que nesta figura os dados da térmica e das PRE vêm distribuídos de forma diferente, pois em vez de serem apresentados num todo, a térmica vem agora separada em centrais a Fuel, Gás e Carvão, enquanto que nas PRE, vêm as centrais Eólicas separadas das restantes centrais com produção em regime especial [35].

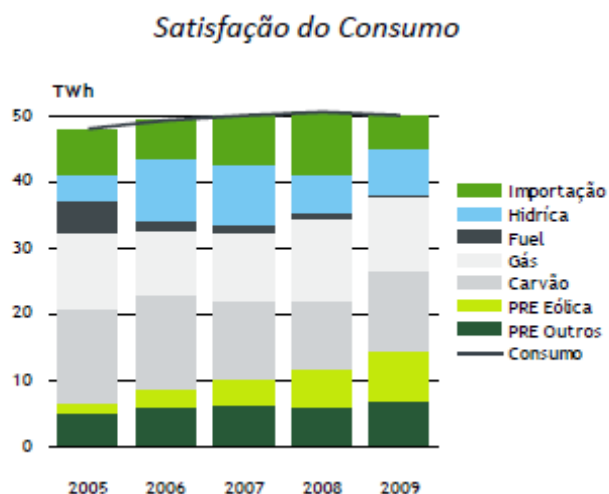


Figura 37 – Satisfação do consumo nacional

Tal como referido anteriormente constata-se através da figura 38, a evolução a nível de produção de energia do ano 2005 até ao ano 2009, onde se pode concluir que a satisfação do consumo através da produção de energia a partir de recursos renováveis tem vindo a aumentar, situando-se no ano 2009 em cerca de 43% relativamente ao consumo total.

Em relação às centrais de produção através de recursos fósseis, têm vindo a diminuir a sua participação na produção a nível nacional, sendo que tem vindo a reduzir desde 2005, onde apresentava uma cota relativamente à satisfação do consumo de cerca de 63% enquanto que no ano 2009 essa cota desceu para 48%, muito devido à aposta nas centrais de produção em regime especial, de onde se destacam as centrais eólicas.

4 Plataforma do jogo

A plataforma desenvolvida, foi concebida de maneira a estar disponível internacionalmente, pelo que esta foi baseada num meio de comunicação utilizado diariamente em todo o mundo que é a Internet.

4.1 Linguagem de programação

Para o desenvolvimento desta plataforma foram utilizadas dois tipos de linguagem. Um dos tipos tem uma função de alojamento de informação nas bases de dados, valores esses usados para o decorrer do jogo, sendo que essa plataforma tem o nome de “PHP”. A outra plataforma usada é utilizada na interface jogador-jogo, na qual o jogador visualiza as opções, bem como as várias páginas disponíveis para este realizar as tarefas do jogo. Esta plataforma engloba a parte de introdução de informação por parte do jogador para o jogo e a parte gráfica do mesmo, sendo que esta linguagem tem o nome de “HTML”. Em seguida vão ser apresentadas estas duas tecnologias, com alguns exemplos de código implementados no site do jogo.

- **PHP**

O PHP (Personal Hypertext Preprocessor) é uma linguagem específica, usada na criação de páginas Web. Esta linguagem torna-se uma potencialidade enorme para este tipo de simulação, pois através desta pode-se modificar e utilizar várias bases de dados podendo jogar assim com as tabelas de maneira a controlar todas as informações que são necessárias aos utilizadores do jogo e retendo também essa informação para ser tratada e disposta novamente no jogo.

Essas bases de dados são também conhecidas por “SQL” e nestas podemos criar tabelas com várias variáveis, sendo estas do tipo “text”, “char”, “int”, ou “double”, entre muitas outras.

Com o PHP e tal como referido anteriormente, podemos aceder às tabelas no “mysql”, através do código seguinte:

```
mysql_connect ("hostname", "user", "pass") or die (mysql_error());
```

```
mysql_select_db("base") or die(mysql_error())
```

Já efectuado o login na base de dados, temos mais alguns códigos, através dos quais podemos alterar as tabelas existentes na base de dados referida anteriormente. Entre os vários códigos existentes em PHP destacam-se alguns códigos, devido a estes terem sido os mais usados na criação da página.

mysql_num_rows ("query") - Dita qual o número de linhas de uma determinada selecção da tabela ("query").

mysql_fetch_row ("query") - Este código faz com que se apanhe a linha completa de uma determinada selecção da tabela ("query"). Este poderá deslocar-se nas várias variáveis da tabela como que esta fosse uma matriz, em que o valor da coluna corresponde ao valor desejado, sendo que o número da primeira coluna é o "0".

Exemplo: `$"var"=mysql_fetch_row ("query"), segunda coluna - $"var"[1]`

mysql_fetch_array ("query") - Este código faz com que se apanhe a linha completa de uma determinada selecção da tabela ("query"). Este poderá deslocar-se nas várias variáveis da tabela quando conhecidas as variáveis em questão na tabela, isto resulta que em vez de se introduzir o índice como anteriormente, pode-se introduzir a designação da variável.

Exemplo: `$"var"=mysql_fetch_array ("query"), $"var"["username"]`

mysql_query (SELECT * FROM "tabela") – A query (consulta), é o código utilizado para consultar algo na tabela, nesta consulta pode ser especificado uma linha de uma variável à qual tenha sido atribuído um valor anteriormente.

Exemplo: `mysql_query (SELECT * FROM "tabela" WHERE ("vartabela") = ("var"))`

mysql_query (DELETE * FROM "tabela") – Esta consulta serve para apagar todos os valores existentes na tabela indicada.

mysql_query (INSERT INTO "tabela" ("vartabela") values ("var")) – Esta consulta serve para inserir valores na tabela indicada incrementando uma linha à tabela.

mysql_query (UPDATE "tabela" SET ("vartabela") = ("var")) – Esta consulta serve para actualizar valores na tabela substituindo o valor da variável referida no código.

Através destes códigos e a outras funções, tais como, "while", "if" ou "for", conseguiu-se fazer a programação das páginas, colocando links em todas elas, de maneira a que o jogo se torne fácil para o utilizador do mesmo. A grande potencialidade desta plataforma está na capacidade que dá aos seus utilizadores de poderem utilizar tabelas de dados para armazenamento de informação sem

estes terem a necessidade de grandes códigos, tornando-se também numa linguagem de simples compreensão.

- **HTML**

Tal como o PHP, esta linguagem é específica e a sua utilização tem por base as páginas da Web. Ao contrário do PHP que tinha a parte de conexão com base de dados e a parte que englobava a programação do jogo, o html, foi utilizado mais num aspecto gráfico.

Em conjunto com o “CSS”, que tem a possibilidade de configurar o estilo gráfico de cada página, consegue-se configurar uma página implementando então as características dessa página nas seguintes, conseguindo então com que todas as páginas dentro de um site tenham a mesma configuração.

O html, por sua vez, para além da configuração gráfica, tem formulários, cujos valores são por sua vez transportados para o PHP, nomeadamente para as tabelas em “SQL”, quando estes são activados. Os formulários, têm normalmente os campos de texto os quais são preenchidos por parte dos utilizadores, como se pode ver na figura 39.

A imagem mostra um formulário de login com um fundo preto. Há dois campos de entrada de texto brancos. O primeiro campo é precedido pelo rótulo "Username:" em verde. O segundo campo é precedido pelo rótulo "Password:" em verde.

Figura 38 – Campo formulário

Posteriormente a estes campos e para validar o formulário para enviar a informação para o PHP por parte do utilizador, este tem que validar toda a informação colocada no mesmo. Esta transposição é feita por um botão de validação, o qual poderá ser visto na figura 40.



Figura 39 – Botão de validação de formulário

Através do design gráfico e através dos elementos necessários para o jogo, a programação em html, fez-se de uma forma simples, não complicando muito os campos de introdução de texto por parte do utilizador, nem criando menus complicados, de modo a que o jogo seja apelativo para os utilizadores e de fácil compreensão.

4.2 Regras do jogo

O **objectivo deste jogo** por parte dos utilizadores que jogam o jogo é ganhar o máximo de dinheiro, através de jogadas estratégicas a nível do mercado por parte de cada utilizador, de maneira a que o saldo final do utilizador seja superior ao dos seus adversários.

Após as diversas jogadas definidas anteriormente pelo administrador do jogo, o jogador que tiver o saldo maior, tal como referido anteriormente, será considerado vencedor.

Este processo envolve uma estratégia por parte de cada jogador, pois não depende apenas da sua jogada, mas também depende da jogada de cada um dos participantes adversários, sendo então necessário planear cada jogada de acordo com uma estratégia. A tarefa do jogador passa então por assegurar que o seu saldo se mantém sempre maior do que os outros, pois neste jogo a preocupação com valores negativos a partir do investimento das centrais não existe, devido ao jogo estar protegido contra o sobre investimento.

Este jogo tem um limite de jogadores em simultâneo, limite esse que é necessário atingir para o jogo ser iniciado e o mesmo será definido pelo administrador do jogo.

O jogo desenvolve-se em várias fases, sendo que cada fase está representada por uma página diferente no site do jogo. A divisão do jogo dá-se então nas seguintes fases:

Fase de investimento - Inicialmente o jogador tem de investir para poder licitar, ou seja, há uma fase de investimento onde o jogador investe nas centrais desejadas. Esta fase tem um investimento único, o que quer dizer que em cada jogada só pode haver uma situação de investimento.

Fase de vendas - Numa segunda parte são feitas transacções através das centrais que cada jogador possui. Esta fase tem um apenas uma oportunidade por parte do utilizador para licitar a energia que este possui.

Fase de mercado - Ao serem feitas estas vendas, todas as vendas de todos os jogadores são englobadas num único local, onde existe uma comparação com a energia solicitada pelos compradores.

Nota: Cada jogada tem a duração máxima de 20min, sendo que apenas numa situação este tempo não se cumprirá, situação essa, que resulta da licitação de energia por parte de todos os utilizadores.

4.3 Estrutura do jogo

O jogo é composto por diversas páginas, as quais foram tornadas as mais simples possíveis para poder haver uma fácil interação entre o jogo e o jogador, de maneira a que este não se aborreça ao deparar-se com alguma dificuldade e também para motivar o jogador durante o jogo.

Na Figura 41, apresenta-se o diagrama do jogo:

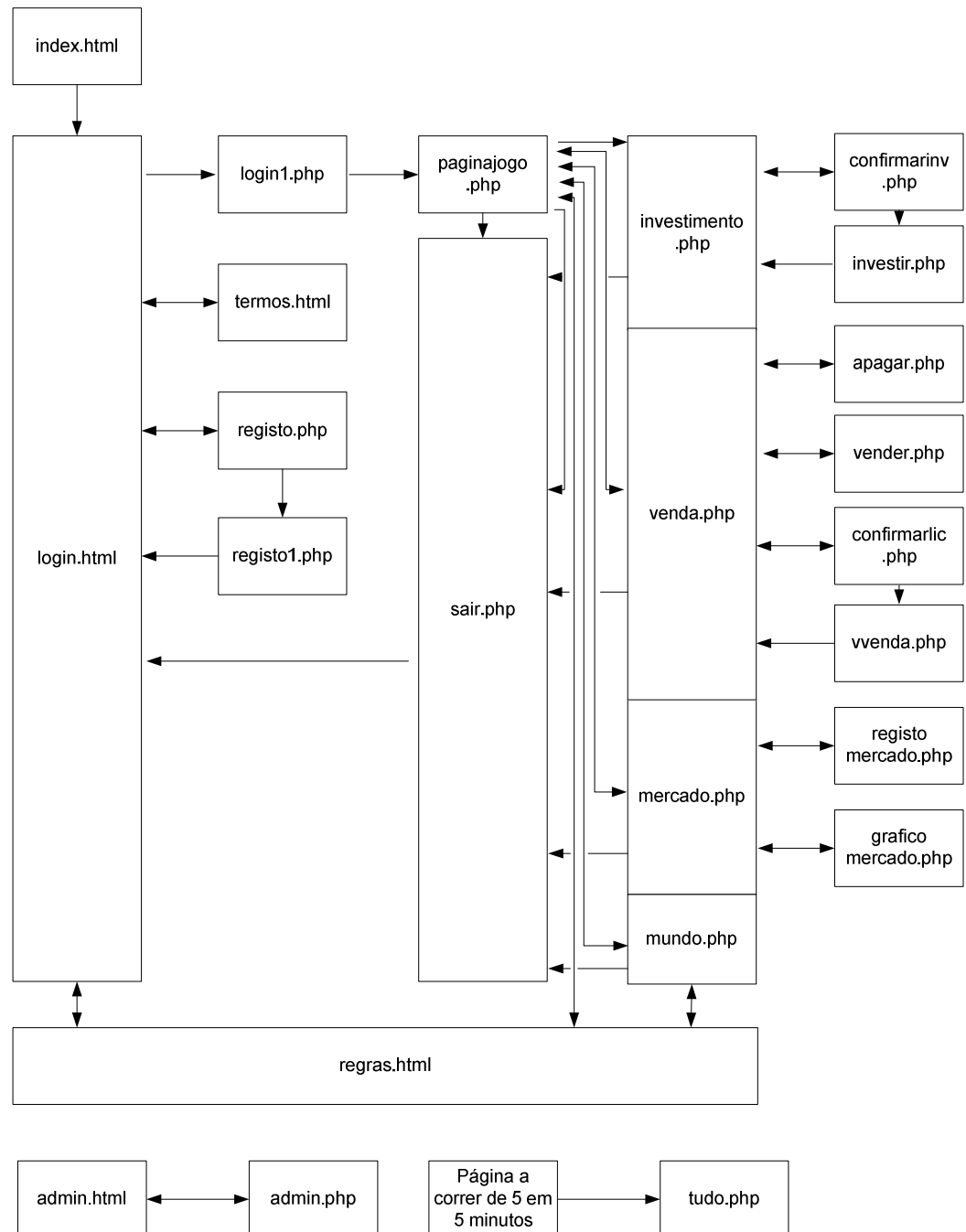


Figura 40 – Diagrama do jogo

Através deste diagrama, podemos ver que a página inicial do jogo é <http://www.jogomercado.host56.com/index.html>. Nesta página está o nome do jogo, a data de criação do site e o autor. Para além destes elementos, esta página contempla também uma imagem, com um link, onde o jogador tem de carregar para ter acesso à página seguinte, a página do login.

Na figura 42 é apresentada a página inicial do jogo de mercado (index.html).

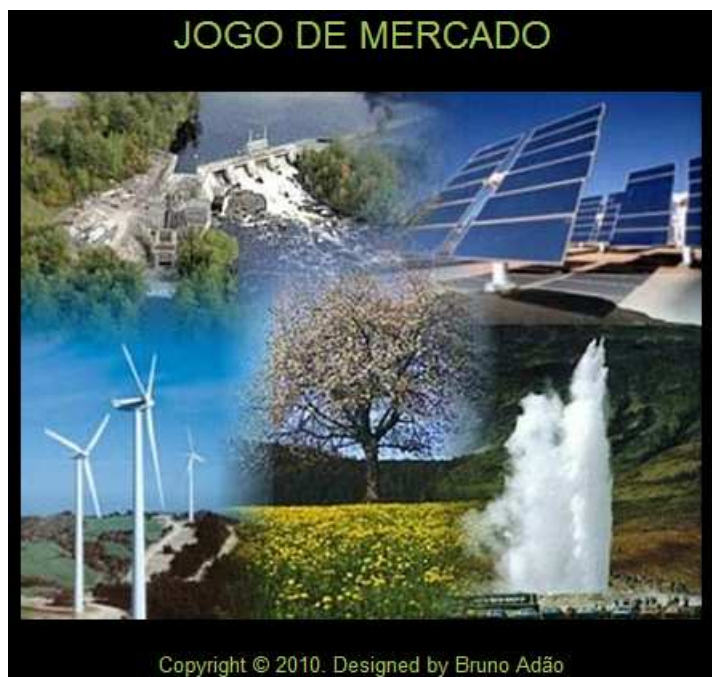


Figura 41 – Página index.html

A página de login (<http://www.jogomercado.host56.com/login.html>), é a página que faz com que o jogador entre no jogo, caso este esteja devidamente registado. Se o jogador ainda não tiver o registo efectuado, esta página tem um link que lhe dá acesso para que este proceda ao registo do mesmo.

A página é composta por um menu, tal como todas as páginas enunciadas seguidamente. No caso desta página, no menu apenas estão indicadas as regras do jogo (<http://www.jogomercado.host56.com/regras.html>), regras essas que são necessárias para que o jogador conheça o processo do jogo. Esta página tem um ênfase maior em toda a estrutura do jogo, aparecendo assim em quase todas as páginas que contemplem este menu. Como se trata do início do jogo, ainda não existe nenhum utilizador registado pelo que é necessário então proceder ao seu registo.

Na figura 43 pode ser vista a página das regras do jogo (regras.html).



The image shows a screenshot of a web page titled "JOGO DE MERCADO" with a sub-header "REGRAS DO JOGO". The page features a banner image of wind turbines and solar panels. The main content is a detailed set of rules in Portuguese, including the game's objective, phases (investment, sales, and market), and a 15-minute duration. A "Voltar página anterior" link is at the bottom, along with a copyright notice for 2010 by Bruno Adão.

JOGO DE MERCADO

REGRAS DO JOGO

O **objectivo deste jogo**, é muito simples. O jogador tem de amealhar o máximo de dinheiro para chegar ao fim com o saldo maior. Após as diversas jogadas definidas anteriormente pelo administrador do jogo, o jogador que tiver o saldo maior será considerado vencedor. O processo envolve um pouco de sorte, pois depende da jogada de cada um dos participantes e uma variedade de técnicas e táticas. Portanto, a sua única tarefa é assegurar que o seu saldo se mantém sempre maior do que os outros, já que a preocupação com valores negativos se as licitações forem bem conseguidas não se põem, pois a maneira de este saldo ficar negativo era se o investimento fosse maior que o valor do saldo do utilizador. Para este caso foi bloqueada a questão do investimento, pois sempre que este excede o saldo do jogador, é dada uma mensagem que este não tem dinheiro para investir e mesmo que este tente o investimento, o jogador volta a página do investimento, sem quaisquer alterações nas tabelas do mesmo. Este jogo vai ter um limite de jogadores em simultâneo, limite esse que é necessário atingir para o jogo ser iniciado. **(Definido pelo administrador)**

O jogo desenvolve-se da seguinte maneira:

- Inicialmente o jogador terá de investir para poder vender, ou seja, irá haver uma fase de investimento onde o jogador investe nas centrais desejadas. Esta fase tem um investimento único, o que quer dizer que em cada jogada só poderá haver uma situação de investimento. **(Fase de investimento)**
- Numa segunda parte irão ser feitas transações através das centrais que cada jogador possui. Esta fase tem um apenas uma oportunidade por parte do utilizador para licitar a energia que este possui. **(Fase de vendas)**
- Ao serem feitas estas vendas, todas as vendas de todos os jogadores são englobadas num único local, onde irá existir uma comparação com a energia solicitada pelos compradores. **(Fase de mercado)**

Nota: Cada jogada terá a duração de 15min, ou em caso de todos os jogadores terem feito as suas jogadas de investimento e/ou licitação, este avançará.

[Voltar página anterior](#)

Copyright © 2010. Designed by Bruno Adão

Figura 42 – Página regras.html

Na página do login, para além do menu referido anteriormente, existe também um campo de texto que é alterado manualmente por parte do administrador e nele são dados alguns conselhos, com dicas referentes às centrais de produção com vista aos futuros investimentos que podem ser feitos a nível das diferentes tecnologias. Serve sobretudo para que as pessoas fiquem a conhecer um pouco mais o mundo da energia, abrangendo assim o seu horizonte do conhecimento.

A página do login contempla ainda, do lado esquerdo, dois campos de texto para preenchimento por parte do jogador para posterior validação através de outra página. Estes campos representam o username e a password que cada jogador tem de introduzir, após efectuarem o registo para comparar os elementos enviados para a

base de dados aquando o registo e os elementos colocados quando tentam aceder ao jogo.

A página de registo (<http://www.jogomercado.host56.com/registo.php>) está acessível num link abaixo do campo do login, no qual é referido o seguinte texto, “Se ainda não efectuou o registo clique aqui”.

Na figura 44 mostra-se a página do login do jogo de mercado (login.html) para uma posterior entrada na página de Jogo após a validação da informação enviada.



Figura 43 – Página login.html

Inicialmente, e dado que o jogo não começa com nenhum jogador, é necessário registar os jogadores e para isso o jogador tem de recorrer à página de registo (registo.php) onde preenche todos os campos necessários para o registo no jogo.

Os vários campos necessários ao registo do jogo são:

- Username, necessário para efectuar o login e para se distinguir os vários jogadores;
- Password e confirmação da password, para o jogador efectuarem o login, sendo que só este é que sabe a password, sendo esta pessoal e intransmissível.
- E-mail, para um contacto necessário por parte do administrador, ou para partilha de informação sobre o jogo.
- Aceitação dos termos e condições gerais do jogo (termos.html)

Na figura 45 pode ser visualizada a página dos termos e condições de utilização.



Figura 44 – Página termos.html

Após o preenchimento dos campos e a aceitação dos termos, o jogador pode efectuar o registo, sendo que este passa por uma página (registo1.php), na qual é efectuada uma filtragem aos valores fornecidos. Para analisar se estes estão de acordo com as exigências feitas para cada um dos campos, sendo que no caso dos campos de Username e Password têm que ter entre 4 a 8 caracteres e o e-mail tem de ter a estrutura válida de um e-mail (xx@xx.xx). Nesta página é também avaliado se o nome de registo ou e-mail já existem, filtrando assim a possibilidade de existirem utilizadores iguais ou um utilizador poder duplicar a sua participação.

Na figura 46 é apresentada a página do registo do jogo de mercado (registo.php).



Figura 45 – Página registo.php

Após efectuar o registo, o jogador tem de confirmar o registo para ser então conduzido à página do login, onde após o registo já efectuado, pode dar início ao jogo. Tal como afirmado anteriormente o número de registos está limitado pelo administrador do site para cada sessão de jogo.

Após o Login correctamente preenchido o jogador é redireccionado para a página do jogo (<http://www.jogomercado.host56.com/paginajogo.php>), onde este pode visualizar a situação actual a nível financeiro e a nível de potência (total e em cada tipo de central). Para além destes aspectos, nesta página o jogador pode visualizar ainda quais os resultados que resultaram da jogada anterior, nomeadamente o valor da energia vendida no mercado (total e do jogador), o preço de mercado e os custos associados à venda da energia em mercado.

Tal como indicado anteriormente esta página tem também um menu, o qual é composto não só pelo link para as regras do jogo, como acontecia na página do login, mas também pelo link para a página do mercado (<http://www.jogomercado.host56.com/mercado.php>), o link para o mundo (<http://www.jogomercado.host56.com/mundo.php>), o link para sair do jogo (<http://www.jogomercado.host56.com/sair.php>), o link para o investimento (<http://www.jogomercado.host56.com/investimento.php>) e o link para a comercialização de energia (<http://www.jogomercado.host56.com/venda.php>). Estes dois últimos apenas estão disponíveis para o utilizador visualizá-los enquanto este se deparar com o intervalo de tempo destinado ao investimento ou à venda, sendo que este período está definido como sendo de 15 minutos (duração de uma jogada de venda ou investimento), sendo que a jogada é de 20 minutos, ou seja, sobram 5 minutos para o jogador analisar o gráfico de mercado e para pensar na estratégia a aplicar na próxima jogada.

Na figura 47 pode ser visualizada a página do jogo, onde são visíveis os aspectos referidos anteriormente.



Figura 46 – Página paginajogo.php

Dadas as várias fases do jogo já referidas e dada a estrutura do jogo, nomeadamente a do menu que facilita o desenvolvimento do jogo por parte do jogador, devido a este estar organizado de acordo com a sequência das fases do mercado de energia, a primeira página a ser apresentada é a do investimento.

A página do investimento contempla as opções que são dadas aos utilizadores para investirem o seu capital, de maneira a que estes façam crescer o seu poder no mercado da energia.

Nesta página está contemplado o menu apresentado anteriormente na página do jogo de mercado e tal como referidas anteriormente, as várias tecnologias disponíveis para o investimento. Em cada uma das tecnologias são apresentadas as características mais importantes para o jogador reter a informação necessária para um possível investimento, entre elas podemos encontrar o valor de investimento inicial, sendo este exprimido em €/MW, enquanto que o tempo que leva a construir cada uma das centrais e o tempo de vida de cada uma delas são expressos em jogadas, o custo de operação e manutenção em €/MWh, no caso das centrais a combustível fóssil (Carvão e CCGT), está também incluído o rendimento deste tipo de central o qual virá expresso em percentagem, nas centrais em que tal não aconteça, o jogador pode visualizar o combustível em €/MWh, no caso das centrais de energia renovável, temos que o combustível por elas gasto para a produção de energia eléctrica é nulo, dado que este combustível é dado por recursos naturais. Por último, dentro dos dados fornecidos ao utilizador para a escolha das centrais para ele investir existe também o valor dos gases directos emitidos (CO₂), os quais têm apenas valores superiores a zero nas centrais a combustível fóssil, sendo que as outras centrais não emitem gases directos para a atmosfera. Na figura 48 pode ser contemplado um exemplo de uma das centrais, nomeadamente a central termoeléctrica a carvão.



Figura 47 – Central a carvão na página de investimento (investimento.php)

Para além de todos estes aspectos do lado direito são apresentados dois campos, um que permite ao jogador, em cada tentativa de compra que este efectue, a possibilidade do jogador visualizar qual o dinheiro investido em cada tecnologia e por consequência qual o valor do saldo após a aquisição da tecnologia, enquanto que o outro campo dá a potência total de cada jogador e a potência após a aquisição das centrais, sendo que esta potência só ficará válida caso este valide o investimento, é de notar que a central só ficará disponível para efectuar a produção de energia após atingido o tempo de construção da mesma.

Na figura 49, é apresentada a página de investimento, juntamente com todos os pontos referidos anteriormente.

INVESTIMENTO

HOME INVESTIMENTO VENDA ENERGIA MERCADO MUNDO REGRAS JOGO SAIR

| Canção | CCGT | Nuclear |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Investimento: 900 k€/MW | Investimento: 400 k€/MW | Investimento: 1800 k€/MW |
| Tempo Const.: 2 Jog. | Tempo Const.: 1 Jog. | Tempo Const.: 3 Jog. |
| Tempo Vida: 12 Jog. | Tempo Vida: 6 Jog. | Tempo Vida: 13 Jog. |
| Custo O&M: 50 €/MWh | Custo O&M: 28 €/MWh | Custo O&M: 80 €/MWh |
| Rendimento: 40 % | Rendimento: 55 % | Combustível: 4 €/MWh |
| Gases: 900 kg/MWh | Gases: 900 kg/MWh | Gases: 0 kg/MWh |
| Investimento Blocos 20MW | Investimento Blocos 20MW | Investimento Blocos 20MW |

| Hidrica | Eolica | Solar |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Investimento: 2500 k€/MW | Investimento: 800 k€/MW | Investimento: 3200 k€/MW |
| Tempo Const.: 3 Jog. | Tempo Const.: 0 Jog. | Tempo Const.: 1 Jog. |
| Tempo Vida: 15 Jog. | Tempo Vida: 5 Jog. | Tempo Vida: 8 Jog. |
| Custo O&M: 35 €/MWh | Custo O&M: 10 €/MWh | Custo O&M: 7 €/MWh |
| Combustível: 0 €/MWh | Combustível: 0 €/MWh | Combustível: 0 €/MWh |
| Gases: 0 kg/MWh | Gases: 0 kg/MWh | Gases: 0 kg/MWh |
| Investimento Blocos 20MW | Investimento Blocos 20MW | Investimento Blocos 20MW |

Orçamento

Orç. Inicial: k€

Canção: k€

CCGT: k€

Hidrica: k€

Eolica: k€

Solar: k€

Nuclear: k€

Investimento: 0 k€

Investir

| Central | Pot. Actual | Pot. Futura |
|---------|-------------|-------------|
| Canção | 0 | 0 |
| CCGT | 0 | 0 |
| Hidrica | 0 | 0 |
| Eolica | 0 | 0 |
| Solar | 0 | 0 |
| Nuclear | 0 | 0 |

Validar escolha

Figura 48 – Página investimento.php

Dando continuidade ao menu, o jogador depara-se com a página de venda (venda.php), esta página tem um primeiro campo onde o jogador selecciona a tecnologia pretendida, após essa selecção o jogador tem um segundo campo onde introduz a energia de venda pretendida e de seguida este tem um campo onde coloca o preço de venda da energia a licitar.

Ao lado destes campos o jogador tem uma tabela, na qual vem a indicação da energia que ele ainda pode licitar em cada uma das tecnologias, podendo então através dessa tabela elaborar os diferentes planos de licitação.

Todas estas licitações feitas por parte do jogador só serão incluídas efectivamente no mercado após este confirmar por último todas as licitações realizadas. É de referir que cada jogador pode alterar as licitações apagando-as através de um índice criado em cada uma das licitações.

Na figura 50 pode-se ver a página de venda.



Figura 49 - Página venda.php

Seguidamente à página de venda, temos a página de mercado (mercado.php). Nesta página é apresentado o gráfico correspondente aos resultados decorrentes dos mercados, sendo que estes resultados apenas estão disponíveis durante 5 minutos após o fecho da jogada de venda e de investimento.

Nesta página encontra-se uma tabela com as licitações feitas pelo jogador, após a licitação na fase de venda. Nesta página encontra-se também um link para rever todas as transacções efectuadas pelo mercado nos dias anteriores a este, estando esta informação disponível a qualquer altura com o intuito de dar ao utilizador uma perspectiva do comportamento do mercado nos dias anteriores. A página é denominada como registo de mercado (<http://www.jogomercado.host56.com/registomercado.php>) e contempla para além de uma tabela, um link para a extracção do ficheiro por parte do jogador, sendo que este ficheiro sairá no formato “xls”, para estes visualizarem quando necessário, abrinco-o através do Excel, com este programa os jogadores podem também rapidamente elaborar um gráfico com a representação das diferentes jogadas.

Na figura 51 pode-se ver a página de mercado, com o gráfico de mercado referido anteriormente.



Figura 50 – Página mercado.php

A página posterior à página do mercado é a página do mundo (mundo.php), página esta que convém o jogador visualizar antes de efectuar qualquer jogada de investimento, ou de venda, pois esta página contém os valores relativos às diferentes variáveis presentes no jogo, sendo que estas variam consoante a evolução do mesmo. Estas variáveis são importantes porque através delas o jogador tem uma ideia de qual será a melhor tecnologia a adquirir, através da representação dos preços dos combustíveis, bem como o custo de CO₂, que afectam as centrais a combustível fóssil. Para além destas variáveis está contemplada também uma variável essencial para o mercado, que é o consumo do mesmo em cada jogada.

Na figura 52, encontra-se representada a página do mundo.



Figura 51 – Página mundo.php

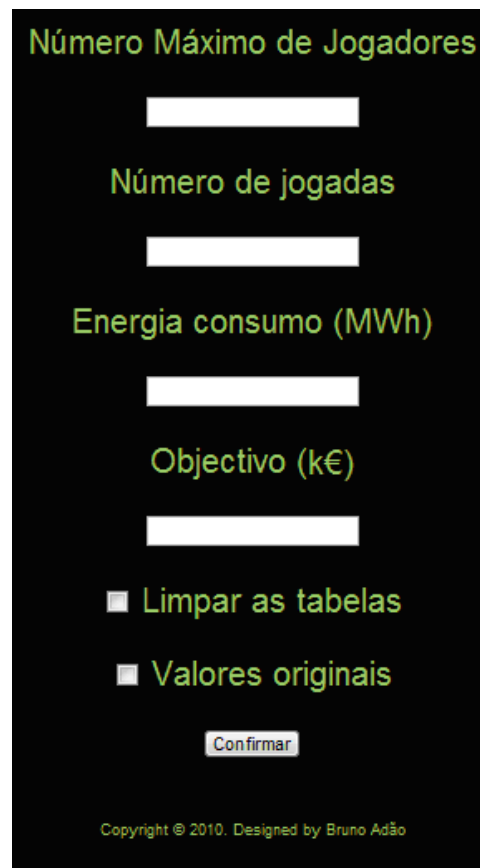
A última página a referir na estrutura do jogo, não sendo a mais importante para o jogador que vai utilizar o jogo é a mais importante de todas, pois esta é a página do administrador (<http://www.jogomercado.host56.com/admin.html>).

Esta página contém os campos necessários ao começo e desenvolvimento do jogo de mercado. Nela encontram-se vários campos tais como:

- Número máximo de jogadores – neste campo é colocado o máximo de jogadores que poderão efectuar o registo no site e por consequência jogarem.

- Número máximo de jogadas – neste campo é colocado o máximo de jogadas que define o vencedor do jogo.
- Energia consumo – o campo que serve para escolher o consumo inicial por parte da procura. (Este valor deverá variar consoante os utilizadores existentes no jogo)
- Objectivo – o objectivo a nível monetário, outro factor que se atingido anteriormente ao número máximo de jogadas serve para parar o jogo de imediato, decidindo o vencedor nessa altura que será aquele que tem um saldo maior.
- Limpar as tabelas – este campo serve para limpar as tabelas associadas ao jogo de mercado, iniciando de novo o jogo.
- Valores originais – coloca novamente os valores do mundo, como eles estavam na situação inicial do jogo do mercado, nomeadamente o custo do gás natural, carvão e o preço do CO2.

Na figura 53, encontra-se representada a página do administrador do jogo.



Número Máximo de Jogadores

Número de jogadas

Energia consumo (MWh)

Objectivo (k€)

Limpar as tabelas

Valores originais

Copyright © 2010. Designed by Bruno Adão

Figura 52 - Página admin.html

Para além das diversas páginas já apresentadas este jogo é composto por mais páginas, tal como se pode contemplar através do organograma do jogo, sendo que a maior parte destas são de validação de valores ou então são páginas de introdução de variáveis na base de dados do jogo.

Para além das páginas web, existe uma estrutura de tabelas montada, por forma a que toda a informação do jogo, bem como o jogo em si, fique guardado e de maneira a que este avance não perdendo em qualquer situação a informação existente anteriormente.

As várias tabelas enunciadas anteriormente são as seguintes:

- **Administrador**

A tabela “administrador” dita os factores a considerar no decorrer do jogo de mercado, nomeadamente o número de jogadores que podem entrar no jogo, o número de jogadas associadas ao jogo e o valor monetário, que pode-se atingir para o jogo acabar de imediato, premiando como vencedor, o jogador que atingir esse valor.

| Jogadas | Jogadores | Objectivo |
|---------|-----------|-----------|
| 1-N | 1-N | N |

Tabela 3 – Tabela do administrador (administrador)

- **Auxiliar**

A tabela “auxiliar” serve para fazer a marcação durante cada jogada, por forma a informar se cada jogador já fez a sua licitação ou se já fez o seu investimento, esta informação serve essencialmente para que a página que corre de 5 em 5 minutos consiga perceber se todas as licitações já foram realizadas, não havendo necessidade de esperar os 15 minutos, podendo avançar então para o cálculo de mercado.

Sendo assim os valores assumidos para cada jogador toma dois valores, “0” se não efectuou qualquer acção ou “1” se efectivamente comprou ou vendeu, sendo que cada um destes pontos tem uma coluna própria.

| username | licitação | investimento |
|----------|-----------|--------------|
| jogador1 | 0,1 | 0,1 |
| ... | ... | ... |
| jogadorN | 0,1 | 0,1 |

Tabela 4 – Tabela auxiliar (auxiliar)

- **Casados**

A tabela “casados” tem os jogadores, que efectivamente realizaram a venda, ou seja que as licitações casaram, sendo estes os que realizam dinheiro com a venda de energia.

| username | central | evenda | preco |
|----------|---------|--------|-------|
| jogador1 | carvao | x10 | 0-180 |
| ... | ... | ... | ... |
| jogadorN | ccgt | x10 | 0-180 |

Tabela 5 – Tabela casados (casados)

- **Investimento por jogador**

Na tabela “investimento por jogador”, são indicados todos os jogadores pela quantidade de potência que cada um deles tem em cada uma das centrais. Esta tabela é apenas informativa e estará apenas disponível na base de dados caso o administrador queira consultar.

| username | carvao | ccgt | hídrica | eolica | solar | nuclear |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| jogador1 | 0, 20-x20 | 0, 20-x20 | 0, 20-x20 | 0, 20-x20 | 0, 20-x20 | 0, 20-x20 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| jogadorN | 0, 20-x20 | 0, 20-x20 | 0, 20-x20 | 0, 20-x20 | 0, 20-x20 | 0, 20-x20 |

Tabela 6 – Tabela investimento por jogador (investimento)

- **Investimento geral**

A tabela “investimento geral”, contém todas as compras de todos os jogadores, esta tem contemplada o tipo de central, a potência de investimento, a qual é múltiplo de 20, dado que a compra é feita em blocos de 20 MW, o tempo de construção associado a cada uma das centrais, o tempo de vida de cada uma

das centrais, a partir do qual a central desaparece deixando de existir e um apontador, que incrementa com o passar do tempo, de maneira a controlar o tempo de construção e o tempo de vida da central.

| username | jogada | central | potencia | temc | tempv | ap |
|----------|------------|---------|----------|------|-------|-----|
| jogador1 | 1-njogadas | carvao | 20-x20 | 0-3 | 5-15 | ++1 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| jogadorN | 1-njogadas | ccgt | 20-x20 | 0-3 | 5-15 | ++1 |

Tabela 7 - Tabela investimento geral (invesvend)

- **Mercado**

Para o “mercado” são enviadas todas as licitações feitas pelos jogadores, sendo que em cada nova licitação efectuada a tabela é organizada de forma crescente pelo preço de licitação. Esta vai passar por uma fase de cálculo, dando origem à tabela casados, enunciada anteriormente.

| username | central | energia | preco |
|----------|---------|---------|-------|
| jogador1 | carvao | x10 | 0-180 |
| ... | ... | ... | ... |
| jogadorN | ccgt | x10 | 0-180 |

Tabela 8 – Tabela de mercado (mercado)

- **Mundo**

Os dados iniciais da tabela “mundo” são definidos pela página do administrador, o consumo inicial é definido consoante o número de jogadores presentes no jogo pelo administrador, de maneira a que este acerte o valor do consumo com os números de jogares presentes no jogo. Todas estas variáveis são influenciadas com o passar do jogo, sendo que o valor ao inicio da jogada tem imediatamente um crescimento de 10% e o final, que é o que vai ser comparado em cada jogada é igual ao valor do inicial, influenciado por um desvio padrão de +/- 5%.

| opcao | consumo | carvao | gas | co2 |
|---------|---------|--------|--------|--------|
| inicial | N | N | N | N |
| final | N(+5%) | N(+5%) | N(+5%) | N(+5%) |

Tabela 9 – Tabela do mundo (mundo)

- **Objectivo**

A tabela “objectivo”, contempla o saldo de todos os jogadores em cada jogada do jogo, sendo este comparado com o valor objectivo no final de cada jogada, verificando assim se existe algum jogador que contempla o saldo imposto pelo administrador, o que o leva a vencer o jogo antes das jogadas definidas para cada jogo acabarem.

| jogada | username | saldo |
|--------|----------|------------|
| 1 | jogador1 | saldo jog1 |
| | ... | ... |
| | jogadorN | saldo jogN |
| ... | jogador1 | saldo jog1 |
| | ... | ... |
| | jogadorN | saldo jogN |
| N | jogador1 | saldo jog1 |
| | ... | ... |
| | jogadorN | saldo jogN |

Tabela 10 – Tabela objectivo (objectivo)

- **Registo**

A tabela “registo” contempla os usernames dos jogadores, bem como as suas passwords e os seus mails, caso seja necessário haver uma troca de informação, ou algum contacto por parte do administrador do jogo.

| username | password | email |
|----------|---------------|----------------|
| jogador1 | pass jogador1 | email jogador1 |
| ... | ... | ... |
| jogadorN | pass jogadorN | email jogadorN |

Tabela 11 – Tabela registo (registo)

- **Regmercado**

A tabela “regmercado” contempla todas as transacções feitas na parte de mercado no decorrer do jogo disponibilizando sempre aos jogadores as jogadas de mercado anteriores, tanto deles como as dos seus adversários.

| jogada | username | central | energiav | precov | Energiac | precoc |
|--------|----------|------------|----------|--------|------------|--------|
| 1 | jogador1 | carvao | x10 | 0-180 | N+10%(+5%) | 180 |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | jogadorN | ccgt | x10 | 0-180 | N+10%(+5%) | 180 |
| ... | jogador1 | saldo jog1 | x10 | 0-180 | N+10%(+5%) | 180 |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | jogadorN | saldo jogN | x10 | 0-180 | N+10%(+5%) | 180 |
| N | jogador1 | saldo jog1 | x10 | 0-180 | N+10%(+5%) | 180 |
| | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | jogadorN | saldo jogN | x10 | 0-180 | N+10%(+5%) | 180 |

Tabela 12 – Tabela registo do mercado (regmercado)

- **Resultados finais**

A tabela em questão apenas é a tabela que define o fim do jogo e esta só será preenchida em duas situações, sendo a primeira situação definida pelo atingir do objectivo monetário do jogo imposto pelo administrador no início do jogo, enquanto que a segunda situação, passa pelo fim das jogadas impostas para a realização do jogo. Esta tabela em ambas as situações será organizada de forma decrescente da coluna do saldo, sendo que o vencedor encontra-se no topo dessa tabela.

| | |
|----------|------------|
| jogador1 | saldo jog1 |
| ... | ... |
| jogadorN | saldo jogN |

Tabela 13 – Tabela resultados finais (resultadosfinais)

- **Tabela dinâmica**

Esta tabela foi criada para os jogadores organizarem de forma coerente a sua jogada, nomeadamente a licitação da energia, antes de confirmarem o envio dos dados para o mercado de energia.

| | | | | |
|----------|---------|----------|-------|--------|
| username | central | potencia | preco | índice |
| jogador1 | carvao | x10 | 0-180 | user1n |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| jogadorN | ccgt | x10 | 0-180 | userNn |

Tabela 14 – Tabela dinâmica (tabdin)

- **Tecnologia**

Nesta tabela podem ser vistas as características de todos os tipos de centrais presentes no jogo, nomeadamente as características das centrais: carvão, ciclo combinado, hídrica, solar, eólica e nuclear.

| Central | Investimento | TempoC | TempoV | Manutencao | Gases | Combustivel | HorasU |
|---------|--------------|--------|--------|------------|-------|-------------|--------|
| Carvao | 900 | 2 | 12 | 50 | 900 | 40 | 1942 |
| CCGT | 400 | 1 | 6 | 28 | 470 | 55 | 2560 |
| Hidrica | 2500 | 3 | 15 | 35 | 0 | 0 | 2201 |
| Solar | 3200 | 1 | 8 | 7 | 0 | 0 | 1743 |
| Eolica | 800 | 0 | 5 | 10 | 0 | 0 | 2162 |
| Nuclear | 1800 | 3 | 13 | 80 | 0 | 4 | 7971 |

Tabela 15 – Tabela tecnologia (tecnologia)

- **Tempo**

O contador presente nesta tabela define o tempo da jogada que é múltipla de 5 min., ou seja o tempo mínimo da jogada é de 5 min., no máximo serão 20 min, sendo que os últimos 5 minutos servem para os jogadores observarem o gráfico de mercado associado à jogada correspondente.

| |
|-------|
| tempo |
| 1-4 |

Tabela 16 – Tabela tempo (tempo)

- **Valores**

A tabela dos valores, contém o saldo do jogador o combustível gasto na jogada anterior, o custo manutenção da jogada anterior e o custo com o co2 da jogada anterior.

| username | saldo | ccombustivel | cmanutencao | cco2 |
|----------|--------------|----------------|----------------|-----------------|
| jogador1 | saldo jog. 1 | C.C. Jog. Ant. | C.M. Jog. Ant. | C.co2 Jog. Ant. |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| jogadorN | saldo jog. N | C.C. Jog. Ant. | C.M. Jog. Ant. | C.co2 Jog. Ant. |

Tabela 17 – Tabela de valores (valores)

- **Venda**

Nesta tabela está a informação de quais as potências disponíveis para serem comercializadas, por cada um dos jogadores.

| username | ecarvao | eccgt | ehidrica | eeolica | esolar | enuclear |
|----------|-----------------|---------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|
| jogador1 | pot.carvao jog1 | pot.ccgt jog1 | pot.hidrica jog1 | pot.eolica jog1 | pot.solar jog1 | pot.nuclear jog1 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| jogadorN | pot.carvao jogN | pot.ccgt jogN | pot.hidrica jogN | pot.eolica jogN | pot.solar jogN | pot.nuclear jogN |

Tabela 18 – Tabela de venda (venda)

4.4 Exemplo jogada

Antes de mais é necessário iniciar o jogo através da página do administrador, neste caso, para testar o jogo vai ser criado um jogo com apenas 1 jogador e 4 jogadas, ou seja, no máximo o tempo do jogo será de 1 hora, como temos apenas 1 jogador vai ser fixado um valor baixo para o consumo por volta dos 10 MW/h, relativamente ao objectivo monetário iremos fixar os 100000 euros. Na figura 54 pode-se ver como se aplicarão estes factores na página do administrador.

Número Máximo de Jogadores
1

Número de jogadas
4

Energia consumo (MWh)
10

Objectivo (k€)
100000

Limpar as tabelas

Valores originais

Confirmar

Copyright © 2010. Designed by Bruno Adão

Figura 53 – Configuração da página do administrador

Para ultimar a criação do jogo por parte do administrador, basta apenas carregar em confirmar após se assinalar as opções limpar tabelas e valores originais (figura 54).

Em seguida é necessário fazer o registo do jogador, sendo que este é o elemento essencial para que este tenha acesso ao jogo. Para efectuar o registo é necessário carregar no link disponível na página do login com o seguinte texto, “Se ainda não efectuou o registo clique aqui”, tal como pode-se ver na figura 55.

Log In

Username:
[input field]

Password :
[input field]

Ok

Se ainda não efectuou o registo clique aqui

Figura 54 – Link para página de registo

Após o clique em confirmar, será aberta a página do registo, onde o jogador terá de escrever qual o username desejado, a password para entrada no jogo bem como a sua confirmação, o jogador tem que inscrever também o seu e-mail, caso seja necessário efectuar um contacto com o jogador por parte do administrador do jogo e por último o jogador tem que aceitar os termos gerais de utilização do jogo. Neste exemplo o valor do username é “1111” , a password é “1111” e o e-mail vai ser 1@1.com. Podemos ver na figura 56, a página de registo, onde os campos necessários a preencher estão marcados a vermelho.

A screenshot of a registration form on a dark background. The form is enclosed in a red rectangular border. It contains the following fields: 'Username:' with the value '1111', 'Password:' with four dots, 'Re-Password:' with four dots, and 'E-mail:' with the value '1@1.com'. Below these fields is a checkbox with the text 'Li e aceito os termos gerais'. At the bottom of the form is a button labeled 'Enviar'. Below the form, there is a link that says 'Voltar página anterior'.

Figura 55 – Campos para efectuar o registo

Após o preenchimento destes campos é só carregar no botão “Enviar”, o que faz com que os dados do jogador passem por uma fase de validação, após os resultados serem validados na página de validação, é necessário que o utilizador carregue no link que tem as indicações “claque aqui”.

O jogador é enviado então para a página do login, onde este pode entrar no jogo. Dado que este é o único jogador o jogo começará de imediato, caso houvessem mais jogadores o jogo só começaria se todos os jogadores efectuassem o login no jogo.

Na figura 57, são apresentados os campos que levaram à entrada no jogo, nomeadamente o username e a password do utilizador.

Log In

Username:

Password :

Ok

Se ainda não efectuou o registo clique aqui

Figura 56 – Campos para efectuar o login no jogo

Após a validação da informação dada pelo jogador no campo do login e se esta constar na base de dados afecta ao registo do jogo, o jogador entra para a página do jogo, onde lhe são apresentados os seguintes factores: saldo, potência disponível total ou parcial por central, os resultados do jogo de mercado e custos resultantes da venda de energia, tratando-se da primeira jogada e dado que ainda não foi efectuado qualquer investimento, o jogador começa por estar tudo a zeros, sendo que apenas o saldo tem valor. Na figura 58, poder-se-á ver como é iniciado o jogo a nível dos valores referidos anteriormente.

| | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| Saldo : 40000.00 k€ | Energia Vendida total: MW/h |
| Potência instalada total: 0 MW | Energia Vendida 1111: 0 MW/h |
| Potência por tecnologia: | Preço de mercado : € |
| Carvão : 0 MW | Custos combustíveis : 0.00 k€ |
| CCGT : 0 MW | Custos O&M : 0.00 k€ |
| Hídrica : 0 MW | Custos CO2 : 0.00 k€ |
| Éolica : 0 MW | |
| Solar : 0 MW | |
| Nuclear : 0 MW | |

Figura 57 – Valores iniciais na página do jogo

O primeiro aspecto a ter em conta quando se começa o jogo e dado que um dos objectivos é comercializar energia, o jogador tem de começar por investir o dinheiro que tem, na compra das centrais disponíveis no jogo, este investimento pode ser

realizado na página do investimento que estará disponível através de um link no menu que aparecerá em todas as páginas, o qual pode ser visto na figura 59.

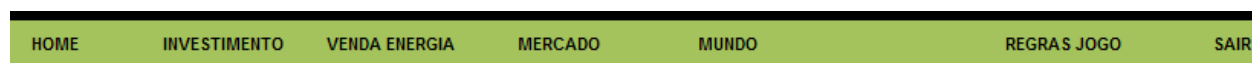


Figura 58 – Menu do jogo

Entrando na página do investimento, o jogador pode escolher entre as seis centrais disponíveis, sendo que a compra se efectuará em blocos de 20 MW, ou seja, cada unidade que o jogador investe é equiparada a 20 MW de potência. Como o dinheiro é limitado, o jogador tem de começar a pensar em quais as centrais que valem a pena investir, começando então nesta fase a estratégia que deve ser desenvolvida por parte do jogador em todo o jogo e esta estratégia é que leva o jogador não só a divertir-se, mas também a aprender o funcionamento deste mercado.

Na figura 60 é mostrado o campo no qual o jogador tem de fazer o seu investimento, sendo que após o preenchimento deste campo o jogador tem de validar a sua escolha, a qual poderá validada através do botão colocado no fundo da página no qual está inscrito, “validar escolha”.

| Carvão | CCGT | Nuclear |
|---|---|---|
|  |  |  |
| Investimento: 900 k€/MW | Investimento: 400 k€/MW | Investimento: 1800 k€/MW |
| Tempo Const.: 2 Jog. | Tempo Const.: 1 Jog. | Tempo Const.: 3 Jog. |
| Tempo Vida: 12 Jog. | Tempo Vida: 6 Jog. | Tempo Vida: 13 Jog. |
| Custo O&M: 50 €/MWh | Custo O&M: 28 €/MWh | Custo O&M: 80 €/MWh |
| Rendimento: 40 % | Rendimento: 55 % | Combustível: 4 €/MWh |
| Gases: 900kg/MWh | Gases: 470kg/MWh | Gases: 0 kg/MWh |
| Investimento: Blocos 20MW | Investimento: Blocos 20MW | Investimento: Blocos 20MW |
| <input type="text"/> | <input type="text" value="1"/> | <input type="text"/> |

Figura 59 – Colocação compra de potência

Após validar a escolha da compra da central a página vai realizar um cálculo para ver se este investimento é sustentável por parte do utilizador e é então que ele pode ver através de duas tabelas colocadas no lado direito da página, a potência futura e o saldo com que ele fica após este investimento. Na figura 61, podem-se ver as tabelas referidas acima, sendo que para além do já referido anteriormente, na tabela do orçamento pode ser visto também o investimento necessário, para efectuar a compra desejada pelo jogador.

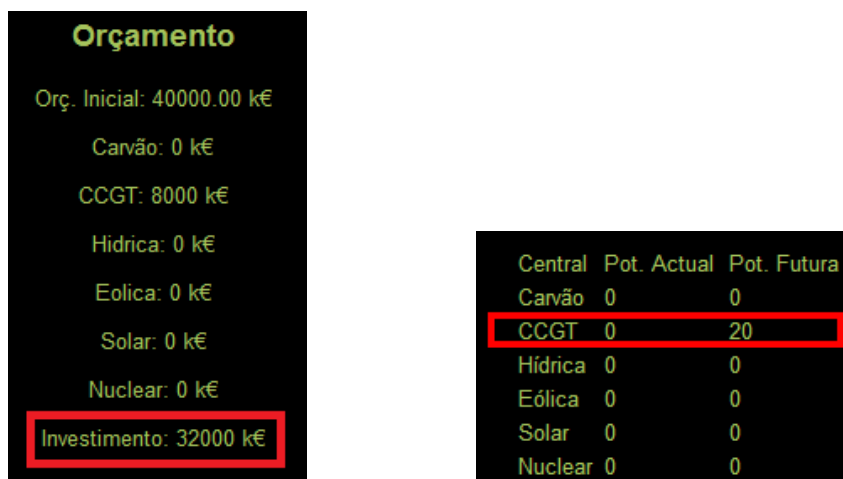


Figura 60 – Valores após investimento

Após a verificação por parte do jogador, destes valores, este deve carregar no texto que diz “Investir”, que fica por cima da tabela representada na figura 61, do lado direito.

Depois de este carregar, aparece uma página onde pela última vez o jogador é questionado se realmente este quer continuar o investimento, pois só é possível fazer um investimento por jogada, se mesmo assim este tentar entrar na página de investimento a fim de realizar outro investimento, aparece um texto na qual diz que já realizou o investimento e para esperar até ao fim da jogada, momento a partir do qual se inicia outra jogada onde se poderá investir.

Dado que o jogador investiu na central a ciclo-combinado e através da figura 60, pode-se ver que o tempo de construção deste tipo de central é de uma jogada, portanto o jogador terá de esperar pela próxima jogada para poder realizar outra acção no jogo.

Ao este entrar na página do jogo, no jogada após o do investimento, vai ver a alteração, nomeadamente o valor do saldo que baixou e poderá ver a potência que subiu, esta diferença relativamente ao cenário anterior pode ser vista na figura 62.



Figura 61 – Valores na página do jogo após investimento

Ao estar disponível a potencia por parte do jogador, é possível então que este possa licitá-la no mercado, o que estará disponível quando este se deslocar à página de venda.

A página de venda está disponível no link “venda”, no menu, como se pode ver na figura 59.

Ao entrar nesta página o jogador vai deparar-se com uma tabela que lhe indica quais as potências que tem disponíveis para licitar (figura 63), estas potências podem ser licitadas através da selecção do tipo de central no quadro das centrais, indicando no campo da potência, a potência que o jogador deseja licitar e indicando também o preço de venda correspondente a essa potência que se converterá em energia após a licitação, esta simulação efectua-se para uma hora. Os campos a preencher ou a seleccionar para a licitação desta energia encontram-se na figura 64.

| Central | Potência (MW) |
|---------|---------------|
| Carvão | 0 |
| CCGT | 20 |
| Nuclear | 0 |
| Hidrica | 0 |
| Eólica | 0 |
| Solar | 0 |

Figura 62 – Tabela da venda

A screenshot of a bidding form. At the top, there is a dropdown menu with the following options: Carvão, CCGT (highlighted in blue), Hidrica, Eólica, Solar, and Nuclear. Below the menu, there are two input fields: 'Potência a vender: 10 MW' and 'Preço de venda: 10 €/MW'. At the bottom, there is an 'Ok' button.

Figura 63 – Campos a preencher na venda

Após o preenchimento destes campos, é criada uma tabela (figura 65), que se vai preenchendo à medida que o jogador vai fazendo as suas licitações, quando esta estiver de acordo com as licitações que jogador deseje fazer, basta carregar no botão a dizer licitar. Nesta tabela é possível incluir ou retirar as várias licitações feitas anteriormente através do índice atribuído a cada delas, através de um Índice criado para o efeito (figura 66).

| Central | Potencia | Preço | Índice |
|---------|----------|-------|--------|
| ccgt | 10 | 10 | 11111 |
| ccgt | 10 | 20 | 11112 |

Figura 64 – Tabela de licitações

A screenshot of the bidding interface. It shows the same table as in Figure 64. Below the table, there is a form with the label 'Apagar Linha (Índice)'. The form contains an empty input field, an 'Apagar' button, and a 'Licitar' button.

Figura 65 – Apagar licitação

Depois da parte de venda e carregando no botão licitar (figura 66), o jogador é remetido para uma página onde este confirma realmente se quer fazer a licitação construída por ele anteriormente na tabela dinâmica, pois apenas poderá ser feita uma licitação por jogada, tal como acontecia na parte de investimento.

Posteriormente ao jogador confirmar a licitação e caso todos os jogadores já tenham feito as suas licitações, passados aproximadamente cinco minutos encerra o tempo útil de jogo por parte dos utilizadores, dando-se então o cálculo do mercado. Neste caso existe apenas um jogador em jogo, o tempo que este tem de esperar até se fazer o cálculo de mercado é então aproximadamente de cinco minutos, se fossem mais jogadores este processo era mais demorado, demorando então quinze minutos até ser efectuado o cálculo.

Após o cálculo de mercado e durante cinco minutos, é dado um tempo de reflexão ao jogador para elaborar a próxima jogada e neste tempo ele pode também ver o gráfico de mercado da jogada actual e pode também ver as licitações anteriores, na página do jogo o jogador tem acesso também ao valor da energia vendida no mercado, bem como os custos associados resultantes dessa venda.

Na figura 67, pode-se ver o resultado da jogada anterior no gráfico de mercado resultante das licitações feitas, sendo que o valor inicial do consumo, introduzido anteriormente seria de 10 MWh e para a construção da central era necessária uma jogada, então esse consumo aumentou 10% devido a estarmos no segundo jogada, sendo que agora este será de 11 MWh, com um desvio de +/-5%.

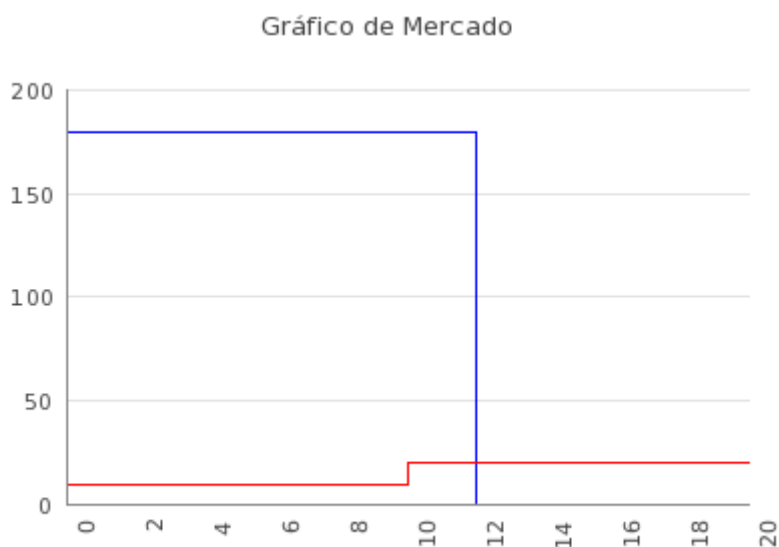


Figura 66 – Gráfico de mercado

Como se pode visualizar através da figura 66 o consumo encontra-se entre os 10 MWh e os 12 MWh e pode-se ver também as duas licitações de 0 a 10 MWh, com o valor de 10 €/MWh e de 10 a 20 MWh, com o valor de 20 €/MWh. Como já foi referido anteriormente o preço de mercado é o ponto onde a procura e a oferta se cruzam, neste caso nos 20 €.

No painel principal do jogo, ou seja, na página do jogo (figura 68) pode-se ver os factores que variaram com o jogada, nomeadamente o saldo do jogador e os custos de produção, bem como a energia vendida e o preço de mercado, tal como referido anteriormente.

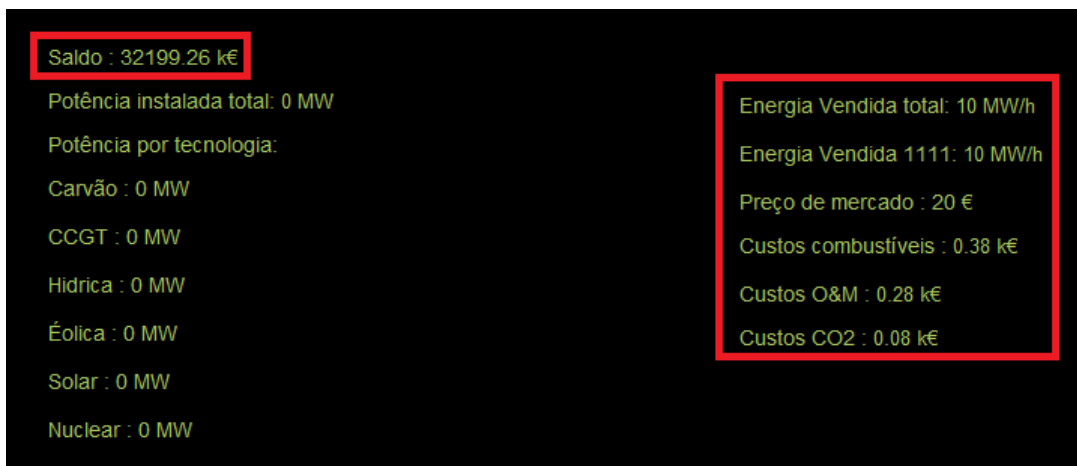


Figura 67 – Página do jogo após fecho do jogada

Este tipo de jogada será repetida ao longo do jogo até findar o número de jogadas, ou caso o objectivo do jogo, indicado inicialmente pelo administrador, seja atingido.

4.5 Validação dos resultados

O objectivo de qualquer jogo é chegar a um vencedor, para isso é necessário que os jogadores fiquem com o maior saldo possível, ou que cheguem a um valor de saldo imposto pelo administrador previamente no começo do jogo.

Um dos vários jogadores no jogo alcançará então o pódio, sendo que os vários valores alcançados pelos vários jogadores, serão resultado de um jogo determinado através das táticas delineadas por cada um dos jogadores. O jogo terá várias jogadas, tal como o exemplo da jogada demonstrada no ponto 4.4.

Para testar este jogo foram criados vários jogadores de maneira a que estes exerçam uma concorrência entre eles. Para fazer esse teste foram considerados diversos factores, tais como o número de jogadores, que neste caso são quatro jogadores, um tempo de jogo de seis jogadas e cinquenta milhões de euros como objectivo monetário.

Na figura 69, pode-se contemplar o resultado final desse jogo, que se obteve após as seis jogadas de jogo definidas inicialmente, onde foram efectuadas várias jogadas de investimento e licitações de energia, nesta figura são então apresentados os jogadores que participam no jogo, bem como os saldos finais de cada um, relativamente ao vencedor do jogo, o qual pode ser visualizado no texto que anuncia o vencedor, indicado em cima da tabela.



E o vencedor é !!!!! 4444 !!!!!

| Username | Saldo |
|----------|-------|
| 4444 | 27977 |
| 1111 | 24766 |
| 3333 | 19206 |
| 2222 | 17823 |

Figura 68 – Validação de uma simulação do jogo

Através desta figura contempla-se então a tabela que é dada a conhecer aos vários utilizadores do jogo quando este termina, é possível através da tabela, bem como através do comentário escrito sobre ela visualizar o vencedor, dando então assim o jogo como encerrado. Com a conclusão do jogo, nomeadamente aquando da demonstração da tabela final, o jogo do mercado de energia pode-se considerar validado.

5 Conclusões

Com a liberalização do sector eléctrico, não só em Portugal mas também em outros países a nível mundial, conseguiram-se introduzir mais agentes num sector que era regido essencialmente por poucas empresas em cada actividade, normalmente em regime de monopólio. A liberalização veio introduzir no sector eléctrico mais utilizadores, nomeadamente nas actividades da produção e comercialização de energia.

Na produção começou-se a contar então com mais produtores após a revisão do sector eléctrico, os quais pertencem ao grupo de produtores em regime especial, englobando essencialmente as centrais a energia renovável. Em relação à comercialização, a evolução essencial passou pela introdução dos vários elementos pertencentes ao novo regime de produção no mercado de energia, comercializando então a sua energia com o distribuidor de electricidade, no caso de Portugal a EDP.

Com a criação de um mercado Ibérico da electricidade (MIBEL) a relação entre Portugal e Espanha fortaleceu-se. Neste mercado a energia comercializada tem dois tipos de mercados adjacentes, sendo um deles o mercado à vista, que contempla os mercados diário e intradiário e o mercado de derivados, que contempla o mercado a prazo.

O mercado Ibérico de electricidade (MIBEL) é composto por dois órgãos que tratam da organização dos mercados de energia adjacentes, sendo eles o OMIP, pertencente ao pólo português, organizando então o mercado a prazo e o OMIE, pertencente ao pólo espanhol e nele são tratados os assuntos referentes os mercados do tipo diário e intradiário. Os agentes que podem participar nestes mercados são os comercializadores de energia, consumidores directos do mercado, bem como os produtores de energia.

Com a liberalização do sector eléctrico e com a necessidade da liberdade de escolha do consumidor relativamente ao fornecedor de energia, o mercado Ibérico de electricidade inclui dois tipos de mercado. O mercado grossista do qual fazem parte os órgãos que organizam os vários mercados (OMIE e OMIP) e que serve para sincronizar toda a energia necessária não só nos consumidores do momento, mas também em consumidores futuros, equilibrando assim a balança entre o consumo e a produção. Por outro lado existe o mercado retalhista, o qual contempla dois mercados, o mercado liberalizado, onde as condições de fornecimento entre o produtor e o consumidor são acordadas por ambos e o mercado regulado, ou de último recurso, que quando existe uma falha por parte do mercado liberalizado este é o último que pode garantir o fornecimento de energia através de uma tarifa regulada.

Relativamente às centrais de produção de energia, têm vindo a sofrer uma grande evolução nestes últimos anos, passando da utilização intensiva das centrais não renováveis a combustível fóssil, para centrais mais limpas e sem emissões de CO₂. Estas centrais são de energia renovável e actualmente representam uma grande parte da energia produzida por todo o mundo. As centrais térmicas ainda vigoram em muitos países, principalmente através das centrais nucleares, pois têm combustível duradouro e também porque estas podem funcionar muitas horas durante o ano. Outra vantagem destas centrais é a ausência de emissões de CO₂ para a atmosfera.

A energia produzida por todas estas centrais tem em conta muitos aspectos, tais como, o investimento inicial em cada uma das centrais, para a compra da mesma, o tempo de construção da central devido à espera da mesma para uma utilização na produção de energia, o tempo de vida da central, o rendimento e o custo de combustível da central. Nas centrais a energia renovável esse custo é nulo e também convém ter em conta as emissões provocadas pela produção de energia por parte das centrais de produção de energia eléctrica, sendo que estas só afectam as centrais cujo combustível é os de recursos fósseis, por exemplo o carvão e o gás natural.

Relativamente ao simulador apresentado na tese, este é bastante motivante para quem o experimenta, pois para além do divertimento usufruído por parte do jogador, o simulador do mercado de energia transmite também ao utilizador algum conhecimento relativo ao mundo da energia, nomeadamente alguns factores preponderantes na produção de energia, bem como na comercialização da mesma. Relativamente à produção de energia o jogador adquire o conhecimento das várias tecnologias que estão implementadas no simulador, tais como: central a carvão, central de ciclo combinado, central eólica, central solar, central hídrica e central nuclear. Nestas tecnologias o jogador apreende as várias características principais de cada uma delas, tais como, o tempo de vida, o tempo de construção, o custo do combustível ou o rendimento, o custo de operação e manutenção, a emissão de gases CO₂ no caso das centrais a combustível fóssil e o investimento inicial de cada central. Estes diversos elementos levam a que o jogador reflita e crie uma estratégia de investimento. A venda de energia contribui também para que o jogador se aperceba do quanto é importante criar uma estratégia, pois a solução idealizada por ele cria uma vantagem ou desvantagem para o mesmo. O mercado engloba a energia vendida pelo jogador, que quando comparada com a energia do lado da procura, indica qual o preço de mercado e indica quais os jogadores que venderam e qual a energia que cada um vendeu. Todo este mecanismo está perceptível por parte do jogador, através de um gráfico e através de tabelas de valores e este mecanismo leva a que o jogador apreenda o funcionamento do mercado, nomeadamente, como se realiza a escolha do preço do mercado bem como os jogadores que conseguem comercializar a energia.

Um dos factores que torna o simulador muito motivante é o facto de este não demorar muito tempo, sendo que cada jogada é efectuada num curto espaço de tempo.

Através de todos os elementos referenciados anteriormente, pode-se afirmar que o jogo não contempla apenas uma grande componente lúdica, criada pela interação do jogador com o simulador, bem como as acções realizadas por este durante o jogo, mas também uma enorme componente didáctica. Esta componente didáctica leva o jogador a perceber todo este sistema algo complexo da procura e venda de energia, mas também como se produz a mesma e quais são os elementos que estão na base da produção, elementos estes pertencentes ao mundo em nosso redor.

6 Bibliografia

Referências do texto:

[1]- Luis Braga Cruz, Abril de 2008, A liberalização do sector da energia, o MIBEL (Mercado Ibérico de Electricidade) e o OMIP (Operador do Mercado Ibérico de Energia - pólo português)

[2]- REN, Cadeia de valor,
http://www.ren.pt/vPT/Electricidade/CadeiadeValor/Pages/electricidade_cadeia-valor.aspx
[Acedido a 11 de Setembro de 2011]

[3]- Presidência CMVM, Maio de 2011, Relatório de actividades - Conselho de reguladores do MIBEL

[4]- Sérgio Faias, Fevereiro de 2011, Balancing Electricity Generation and Demand with Increasing Integration of Renewable Energy: An Application to the Portuguese Power System

[5]- WETO, 2005, World Energy Technology Outlook

[6]- aicep Portugal Global, Agosto de 2008, O Sector Eléctrico

[8]- ERSE, Consumo referido à emissão no Sistema Eléctrico Nacional,
<http://www.erse.pt/pt/electricidade/factosenumeros/Paginas/Consumoreferidoaemiss%C3%A3onoSistemaElectricoNacional.aspx> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]

[7]- EDP, Sistema Eléctrico Português,
<http://www.edp.pt/pt/aedp/sectordeenergia/sistemaelectricoportugues/Pages/SistElectNacional.aspx> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]

[8] – A nova Organização do Sector Eléctrico, Erse

[9] - EDP, A Liberalização,
<http://www.edpdistribuicao.pt/pt/mudancaComercializador/mercadoElectrico/Pages/aLiberalizacao.aspx> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]

[10]- REN, Sistema Eléctrico Nacional,
http://www.ren.pt/vPT/Electricidade/SistemaElectricoNacional/Pages/electricidade_sistema-electrico-nacional.aspx [Acedido a 11 de Setembro de 2011]

[11]- Conselho de Reguladores do MIBEL, Novembro de 2009, Descrição do funcionamento do MIBEL

[12] - MIBEL, MIBEL,
<http://www.mibelcr.com/index.php?mod=pags&mem=detalle&relmenu=9&relcategoria=1026&idpag=67> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]

[13] - OMIP, MIBEL,
<http://www.omip.pt/OMIP/MIBEL/tabid/72/language/pt-PT/Default.aspx> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]

[14] – OMIE, Informação da companhia,
<http://www.omel.es/inicio/informacion-de-la-compania/presentacion/%C2%BFquienes-somos> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]

[15]- OMIE, Informação de agentes,
<http://www.omel.es/pt/principal/informacao-de-agentes> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]

[16]- OMIE, Funções,
<http://www.omel.es/pt/principal/informacao-da-companhia/funcoes> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]

[17] - OMIP, Perfil,
<http://www.omip.pt/OMIP/Perfil/tabid/63/language/pt-PT/Default.aspx> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]

[18] - OMIE, Mercado diário,
<http://www.omel.es/pt/principal/mercados-e-productos/mercado-da-electricidade/diario-e-intradiario/mercado-diario> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]

[19] - OMIE, Mercado intradiário,
<http://www.omel.es/pt/principal/mercados-e-productos/mercado-da-electricidade/diario-e-intradiario/mercado-intradiario> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]

[20] – ERSE, Mercado a prazo,
<http://www.erse.pt/pt/supervisaodemercados/mercadodeelectricidade/mercadoaprazo/Paginas/default.aspx?master=ErsePrint.master> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]

[21] - Professor Jorge Alberto Mendes de Sousa, Introdução aos conceitos técnicos e económicos associados à produção de energia eléctrica

[22] - Peter Rafaj and Socrates Kypreos, Fevereiro 2007, Internalisation of external cost in the power generation Sector Analysis with Global Multi-regional MARKAL Model

- [23] – Dr. Thomas Chaize, Novembro 2009, The Coal Prices, Consumption and Use
- [24] – REE, Junho 2011, Sistema Eléctrico Español 2010
- [25] – Natural Gas Price Chart,
<http://www.mongabay.com/images/commodities/charts/chart-ngeu.html> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]
- [26] – Resumo do Ano 2009, Meteo, <http://www.meteopt.com/forum/seguimento-meteorologico/resumo-do-ano-2009-a-4083.html> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]
- [27] – Energia Eólica, A Teoria, <http://aerogerador.webs.com/teoria.htm> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]
- [28] – Estação Meteorológica da Moita, Gráficos Anuais,
<http://www.meteomoita.com/index.php/graficos-ano> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]
- [29] – Uranium Stocks, <http://www.uranium-stocks.net/bayswater-crosshair-ur-energy-laramide-jump-as-much-as-25-today/> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]
- [30] – Annex B,
<http://www.publications.parliament.uk/pa/cm200506/cmselect/cmenvaud/584/5111706.htm>
[Acedido a 11 de Setembro de 2011]
- [31] - Fabien A. Roques, Abril 2007, Technology Choices for New Entrants in Liberalised Markets
- [32] - Goshen North Wind Farm,
<http://www.power-technology.com/projects/goshennorthwindfarm/> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]
- [33] – Serpa Solar Power Plant,
<http://www.power-technology.com/projects/Serpa/> [Acedido a 11 de Setembro de 2011]
- [34] – Barragem de Castelo do Bode,
http://pt.wikipedia.org/wiki/Barragem_de_Castelo_de_Bode [Acedido a 11 de Setembro de 2011]
- [35]- REN, Fevereiro de 2010, Relatório e Contas do Grupo REN

Outras referências:

<http://www.worldcoal.org/>

<http://www.uranium-stocks.net>

<http://www.platts.com/>

<http://www.industcards.com/ppworld.htm>

<http://en.wikipedia.org/>

<http://www.power-technology.com/>

<http://www.endesa.es>

<http://www.unesa.es/>

<http://www.mibelcr.com/>

<http://www.omel.es/>

<http://www.omip.pt>

<http://www.erse.pt>

<http://www.ren.pt>

<http://www.edp.pt>

<http://www.000webhost.com/>

<http://php.net/>