



Estudo do impacto das energias renováveis no OMIE

FILIPE JOSÉ OLIVEIRA DA ROCHA

Julho de 2019

ESTUDO DO IMPACTO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO OMIE

Candidato: Filipe José Oliveira da Rocha, Nº 1170245 (1170245@isep.ipp.pt)

Orientação científica: Filipe Miguel Tavares de Azevedo (fta@isep.ipp.pt)



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2019

Agradecimentos

A realização da presente dissertação de mestrado foi uma jornada de desafios, com percalços e adversidades a serem superadas, uma jornada de aprendizagem e crescimento, tanto académico como pessoal.

Esta caminhada de concretização pessoal teve o apoio e incentivo de algumas pessoas, sem as quais não seria possível a sua finalização. A estas quero demonstrar os meus mais sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar, quero agradecer ao professor Dr. Filipe Azevedo, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, que aceitou prontamente orientar a realização da presente dissertação. De diversas formas, conseguiu orientar-me na direção correta: de forma simples, concreta e objetiva. Quero ainda agradecer-lhe toda a disponibilidade, a qual formal e informal, foi prestada em prol da realização da presente dissertação.

Quero agradecer aos meus pais que me apoiaram incondicionalmente neste percurso académico. Tiveram sempre uma palavra de apoio e incentivo, independentemente da situação. Sem eles seria impossível a realização desta etapa de vida e de todo o meu percurso académico, que abre novas portas na minha vida.

Quero também deixar uma palavra de apreço a todos os colegas e amigos de curso, os quais, de uma maneira ou de outra, estiveram presentes no meu percurso académico, possibilitando o meu crescimento intelectual, através da introdução de novas ideias. Também pela disponibilidade demonstrada em ajudar e apoiar em todas as adversidades encontradas.

Por último, mas não menos importante, quero agradecer a amigos, familiares e outras pessoas que demonstraram o seu apoio e incentivo de forma a que fosse possível a concretização de um ciclo que me satisfaz a nível pessoal e profissional e que me abre novas possibilidades e objetivos pessoais.

A todos os meus mais sinceros agradecimentos pela ajuda prestada na realização desta etapa da minha vida.

Resumo

As energias renováveis têm tido uma posição cada vez mais influente na satisfação de consumo das sociedades atuais.

O aumento do interesse em proteger o meio ambiente, diminuindo a poluição ambiental e a dependência dos combustíveis fósseis veio possibilitar o surgimento de novas formas, e menos poluentes, de produção de energia elétrica, que tentam combater as energias provenientes dos combustíveis fósseis.

Esta nova forma de produção de energia elétrica releva-se nas sociedades atuais. É cada vez mais uma alternativa à utilização dos combustíveis fósseis. Estas energias derivam, essencialmente, de recursos inesgotáveis presentes no meio ambiente, como o sol, a água e o vento e, por isso, há necessidade de obter boas previsões meteorológicas para uma produção rentável e fiável a longo prazo.

Estas energias estão cada vez mais disseminadas nas mais variadas formas de transação de energia, nomeadamente nos mercados de energia. Apesar de possuírem, ainda, dificuldades na sua produção, comparativamente às energias mais tradicionais, devido ao seu preço e dimensões de instalação, estas tendem a ter cada vez mais influência nos mercados de energia elétrica. O seu impacto no meio ambiente, apesar de existir, não possui a dimensão das unidades de produção de energia que recorrem a combustíveis fósseis.

Atualmente, as energias renováveis possuem uma cota considerável no consumo de energia elétrica das sociedades modernas, e com tendência para crescer. O que se traduz numa crescente influência na formação do preço nos mercados de energia elétrica.

Assim, a presente dissertação visa estudar o impacto da produção de energias renováveis no consumo e na formação do preço nos mercados de energia elétrica, em particular no Mercado Ibérico de Energia (OMIE). Para atingir tal objetivo, analisa-se a influência das condições meteorológicas.

Palavras-Chave

Energias renováveis, consumo, preço de mercado, combustíveis fósseis, meio ambiente, condições meteorológicas, produção renovável.

Abstract

Renewable energies have taken an increasingly influential position in consumer satisfaction in today's societies.

Increased interest in protecting the environment, reducing environmental pollution and dependence on fossil fuels has led to the emergence of new, and less polluting, forms of electricity production that are trying to combat fossil fuel energy.

This new form of electric energy production is present in today's societies. It is increasingly an alternative to the use of fossil fuels. These energies are essentially derived from inexhaustible resources present in the environment, such as the sun, water and wind, and therefore there is a need to obtain good weather forecasts for long-term profitable and reliable production.

These energies are increasingly disseminated in the most varied forms of energy transactions, particularly in the energy markets. Although they still have difficulties in their production, compared to the more traditional energies, due to their price and installation dimensions, these tend to have an increasing influence in the electricity markets. Its impact on the environment, although it exists, does not have the size of energy production units that use fossil fuels.

Currently, renewable energies have a considerable share of the electricity consumption of modern societies, with a tendency to grow. This is reflected in a growing influence on price formation in the electricity markets.

Thus, this dissertation aims to study the impact of renewable energy production on consumption and price formation in the electricity markets, particularly in the Iberian Energy Market (OMIE). To achieve this objective, the influence of meteorological conditions is analyzed.

Keywords

Renewable energy, consumption, market price, fossil fuels, environment, weather conditions, renewable production.

Índice

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XI
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIII
LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS	15
1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1.CONTEXTUALIZAÇÃO.....	17
1.2.OBJETIVOS	18
1.3.ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	18
2. MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	21
2.1.INTRODUÇÃO	21
2.2.PERSPETIVA HISTÓRICA POLÍTICA	22
2.3.EVOLUÇÃO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS	22
2.4.MODELOS DE MERCADOS.....	23
2.4.1. <i>Modelo Desagregado</i>	24
2.4.2. <i>Modelo Pool Simétrico</i>	26
2.4.3. <i>Modelo Pool Assimétrico</i>	27
2.4.4. <i>Modelo Pool-bilateral ou Híbrido</i>	28
2.4.5. <i>Contratos de Carácter Financeiro: Contratos à diferença, futuros e opções</i>	29
2.4.6. <i>Serviços de Sistema</i>	30
2.4.7. <i>Mercados Intradiários e Mercados de Reserva</i>	31
2.5.CADEIA DE VALOR DOS MERCADOS DE ELETRICIDADE.....	31
2.5.1. <i>Produção</i>	31
2.5.2. <i>Transporte</i>	32
2.5.3. <i>Distribuição</i>	32
2.5.4. <i>Comercialização</i>	32
2.6.MERCADOS INTERNACIONAIS	33
3. MERCADO IBÉRICO DE ELETRICIDADE (MIBEL)	35
3.1.INTRODUÇÃO	35
3.2.EVOLUÇÃO DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA, EM PORTUGAL.....	35
3.1.EVOLUÇÃO DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA, EM ESPANHA	36

3.2.MERCADO IBÉRICO DE ELETRICIDADE - MIBEL.....	37
3.2.1. Operador de Mercado Ibérico do Pólo Português - OMIP	43
3.2.2. Operador de Mercado Ibérico do Pólo Espanhol - OMIE.....	44
4. METODOLOGIA	47
4.1.METODOLOGIA IMPLEMENTADA	47
4.2.AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS GLOBAIS	50
4.3.ESCOLHA DE MESES	58
4.4.AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS ESPECÍFICOS	60
4.4.1. Meteorologia	60
4.4.2. Preços.....	74
4.4.3. Energia Contratada.....	76
4.4.4. Tipos de Energia	77
4.5.INFLUÊNCIA DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO PREÇO	86
5. CONCLUSÕES	89
5.1.PERSPETIVAS FUTURAS	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E LISTA DE WEBSITES	93
ANEXO I.....	97
ANEXO II	98
ANEXO III.....	99
ANEXO IV	99

Índice de Figuras

Figura 1 - Modelo <i>Pool</i> simétrico [3].....	26
Figura 2 - Modelo <i>Pool</i> assimétrico [3].....	27
Figura 3 – Modelo <i>Pool</i> -bilateral ou híbrido [3].....	29
Figura 4 - Cadeia de valor do mercado elétrico [6].....	31
Figura 5 - Mapa territorial das estações meteorológicas [20].....	48
Figura 6 - Escala de radiação solar.....	62

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Estações meteorológicas analisadas, em Portugal.....	47
Tabela 2 – Dados meteorológicos adquiridos para Portugal e Espanha.....	50
Tabela 3 - Excerto da aquisição de dados para radiação Média diária, para uma estação Portuguesa.....	51
Tabela 4 - Excerto da aquisição de dados globais, para uma estação Espanhola.....	52
Tabela 5 - Escolha dos meses em 2017, em Portugal.....	59
Tabela 6 - Escolha dos meses em 2018, em Portugal.....	59
Tabela 7 - Critérios definidos para os dados específicos.....	61
Tabela 8 - Escala de Precipitação [31].....	61
Tabela 9 - Escala de velocidade de vento [30].....	61
Tabela 10 - Valores médios, em Portugal.....	62
Tabela 11 - Valores médios, em Espanha.....	62
Tabela 12 - Preços médios mensais.....	75
Tabela 13 - Energia contratada em 2017.....	76
Tabela 14 - Energia contratada em 2018.....	77
Tabela 15 - Perfil de consumo de Portugal em 2017 (GW/h).....	77
Tabela 16 - Perfil de consumo de Portugal em 2018 (GW/h).....	77

Índice de Gráficos

Gráfico 1 – Média mensal de horas de sol mensal (horas), em Espanha.....	53
Gráfico 2 – Precipitação média mensal (mm), em Espanha.....	53
Gráfico 3 – Velocidade do vento média mensal (km/h), em Espanha.....	54
Gráfico 4 – Temperatura do ar média mensal (°C), em Espanha.....	55
Gráfico 5 – Radiação global mensal (W.m2), em Espanha.....	55
Gráfico 6 - Resumo dos dados metrológicos de 2017 e 2018.....	56
Gráfico 7 - Temperatura média do ar (°C), em Portugal.....	56
Gráfico 8 - Precipitação média mensal (mm), em Portugal.....	57
Gráfico 9 - Velocidade do vento média mensal (Km/h), Em Portugal.....	57
Gráfico 10 - Radiação média diária (W/m2), em Portugal.....	58
Gráfico 11 - Média da precipitação horária (mm/h), em Portugal.....	63
Gráfico 12 - Média da radiação horária (W/m2), em Portugal.....	64
Gráfico 13 - Média da temperatura do ar horária (°C), em Portugal.....	64
Gráfico 14 - Média da velocidade do vento horária (m/s), em Portugal.....	65
Gráfico 15 - Média da precipitação diária (mm/h), em Espanha.....	66
Gráfico 16 - Média do número de horas de sol (h), em Espanha.....	66
Gráfico 17 - Média da temperatura do ar diária (°C), em Espanha.....	67
Gráfico 18 - Média da velocidade do vento diária (m/s), em Espanha.....	67
Gráfico 19 -Percentagem de horas do mês com vento e precipitação moderada, em Portugal.....	68

Gráfico 20 - Percentagem de horas do mês com temperaturas acima da média, em Portugal.....	69
Gráfico 21 - Percentagem de horas do mês compreendidos na escala de radiação, em Portugal.....	70
Gráfico 22 - Diferença de percentagem de horas do mês compreendidos na escala de radiação, em Portugal.....	71
Gráfico 23 - Percentagem de dias do mês de precipitação, em Espanha.....	72
Gráfico 24 - Percentagem de dias do mês de temperatura acima da média, em Espanha.....	73
Gráfico 25 - Percentagem de dias do mês de intensidade do vento, em Espanha.....	73
Gráfico 26 - Percentagem de dias do mês de horas de sol acima da média, em Espanha.....	74
Gráfico 27 - Percentagem de horas de ocorrência de <i>market splitting</i>	75
Gráfico 28 - Preços de produção de energia renovável [33] [24] [35].....	76
Gráfico 29 - Influência das energias renováveis no consumo, em Espanha.....	79
Gráfico 30 - Influência das energias renováveis na energia contratada, em Espanha.....	80
Gráfico 31 - Média da influência da energia renovável no consumo, em Espanha.....	81
Gráfico 32 - Média da influência das energias renováveis na energia contratada, em Espanha.....	82
Gráfico 33 - Influência das renováveis no consumo, em Portugal.....	83
Gráfico 34 - Influência das renováveis na energia contratada, em Portugal.....	84
Gráfico 35 - Influência anual das renováveis no consumo, em Portugal.....	85
Gráfico 36 - Influência das renováveis na energia contratada, em Portugal.....	86
Gráfico 37 - Influência da energia renovável no preço de mercado.....	87
Gráfico 38 - Influência da energia renovável no preço, em Espanha.....	88

Lista de Siglas, Abreviaturas e Acrónimos

EDP	–	Energias de Portugal
MIBEL	–	Mercado Ibérico de Eletricidade
OM	–	Operador de Mercado
OS	–	Operador de Sistema
ISO	–	<i>Independent System Operator</i>
TSO	–	<i>Transmission System Operator</i>
RTO	–	<i>Regional Transmission Organization</i>
ENTSO-E	–	<i>European Network of Transmission System Operators of Electricity</i>
EdF	–	<i>Électricité de France</i>
PRO	–	Produção em regime ordinário
PRE	–	Produção em regime especial
GWh	–	Gigawatt/hora
REN	–	Redes Energéticas Nacionais
kV	–	Quilovolt
RNT	–	Rede Nacional de Transporte
ERSE	–	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
EEM	–	Empresa de Eletricidade da Madeira
EDA	–	Eletricidade dos Açores

- CNE – *Comisión Nacional de Energia*
- OMIP – Operador do mercado ibérico de energia, Polo Português
- OMIE – Operador do mercado ibérico de energia, Polo Espanhol
- AEMET – Agência Estatal de Meteorologia
- REE – Rede Elétrica de Espanha
- IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera
- SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
- SWP – *Stiftung Wissenschaft und Politik*
- IEA – *International Energy Agency*
- NEA – *Nuclear Energy Agency*
- IRENA – *International Renewable Energy Agency*
- UE – União Europeia

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A presente dissertação foi realizada no âmbito da conclusão do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica de Sistemas de Energia.

O projeto estuda o impacto das energias renováveis nos mercados de energia elétrica. Para atingir o objetivo proposto recorreu-se ao Mercado Ibérico de Eletricidade, com especial foco no polo espanhol, para realizar o estudo.

Devido ao constante aumento da produção de energia de origem renovável, é necessário ajustar o mercado de energia elétrica de forma a permitir a sua comercialização. Atualmente, existem algumas restrições devido a contratos celebrados para produção de energia renovável com remuneração fixa e garantida. Contudo, o aumento da produção de energia de origem renovável possibilita a diminuição da dependência dos combustíveis fósseis. Por esta razão, tende a ser o futuro da produção de energia elétrica para satisfação das necessidades de consumo.

O principal inconveniente da transação das energias renováveis em ambiente de mercado é a imprevisibilidade da sua produção. Assim, novos mecanismos de transação da energia elétrica em ambiente de mercado são necessários de forma a permitir a inclusão das energias renováveis.

Na produção de energia elétrica de origem renovável (p.ex. eólica, hídrica e solar), é necessário realizar estudos meteorológicos para prever a sua produção. Contudo, a dificuldade de previsão da produção de energia elétrica de origem renovável é grande, com exceção da hídrica, pois é turbinada, permitindo, assim, um maior controlo na produção. Em suma, as condições meteorológicas possuem um papel importante na produção de energia elétrica de origem renovável.

Apesar do aumento da produção de energia elétrica proveniente de fontes renováveis, e destas diminuírem a nossa dependência dos combustíveis fósseis, ainda existem algumas

contrapartidas. Em casos como a energia eólica e solar são necessárias grandes dimensões para a instalação de uma central com capacidade para se fazer notar em mercado. Estas energias contam, ainda, com um custo de produção um pouco maior que a tradicional energia derivada de combustíveis fósseis.

Visando as vantagens e desvantagens da produção de energia elétrica proveniente de fontes renováveis, serão analisados os dados de consumo, energia contratada, tipos de produção, preços e meteorologia para Portugal e Espanha, países constituintes do mercado ibérico de energia.

1.2. OBJETIVOS

O presente documento tem como objetivos a análise da participação das energias renováveis em ambiente de mercado; a influência que estas possuem na formação do preço, em função dos custos nivelados de produção das mesmas; e a influência da meteorologia para a produção de energias de fontes renováveis. As energias renováveis que, hoje em dia, são, maioritariamente, utilizadas para satisfação dos consumos das sociedades modernas utilizam fontes de produção que podem ser analisadas através do estudo das condições meteorológicas.

Assim, os objetivos da presente dissertação serão os seguintes:

- Analisar as condições meteorológicas que permitiram a produção de energia de carácter renovável em Portugal e Espanha;
- Perceber a sua influência na energia contratada em mercado diário para Portugal e Espanha;
- Analisar a influência das energias renováveis no consumo em Portugal e Espanha;
- Avaliar a influência das energias renováveis no preço de mercado em Portugal e Espanha.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

No Capítulo 1, contextualizar-se-á o tema, definindo-o e justificando a sua pertinência. Concomitantemente, identificar-se-ão os objetivos e a estruturação do presente documento.

No Capítulo 2, far-se-á uma retrospectiva da história dos mercados de eletricidade: a história da sua aparição e formação, bem como a aparição das energias renováveis. Esta

analepse terá a referência a alguns países europeus, pois as políticas implementadas em países pioneiros foram aplicadas a outras nações, que decidiram implementar políticas e métodos nos seus sistemas de energia. Neste capítulo, far-se-á, ainda, uma referência aos diversos tipos de modelos que podem ser utilizados em mercado, sendo alguns utilizados na grande parte dos mercados de energia internacionais. Outros apenas aplicados em situações específicas. Realizar-se-á uma análise das 4 etapas da cadeia de valores de um sistema de energia, abordar-se-ão alguns mercados internacionais, inclusivamente o seu modo de funcionamento.

No Capítulo 3, far-se-á uma introdução ao mercado ibérico de energia, descrevendo-se a sua formação e constituição, bem como a constituição e história dos dois mercados constituintes, o português e o espanhol. Expor-se-á a estruturação que deu origem ao mercado ibérico de energia e a intervenção dos dois polos deste mercado e as suas funções.

No Capítulo 4, apresentar-se-ão as metodologias implementadas no cerne do objetivo do presente documento, através da apresentação dos dados analisados e formas de análise, para a retirada de conclusões sobre toda a análise efetuada.

Por último, no Capítulo 5, com a apreciação dos dados recolhidos e com a recolha de resultados sobre a influência da participação das energias renováveis no mercado de energia ibérico de eletricidade, expor-se-ão as conclusões deste projeto.

2. MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA

2.1. INTRODUÇÃO

No início do século passado, implementaram-se redes elétricas, nomeadamente para grandes indústrias, e apareceram as grandes centrais a carvão, as quais permitiram o aparecimento de transmissões a longa distância e a chegada da energia elétrica a regiões mais distantes dos grandes centros metropolitanos [1].

Com a aparecimento de novas tecnologias e o aproveitamento de novos recursos energéticos, como recursos hídricos (localizados a grandes distâncias dos locais de maior abastecimento), foi necessária a criação de redes de transporte, com tensões e distâncias cada vez maiores. A Expansão dos sistemas foi gradual e a sua interligação pretendia desenvolver um sistema estável e de qualidade cada vez maior [2].

O setor elétrico possuía, no entanto, duas vertentes organizacionais, dependendo do país. Por um lado, uma vertente monopolizada de estrutura vertical, onde todas as áreas de exploração, produção, transporte, comercialização e utilizadores pertenciam à mesma empresa. Por outro, em alguns países existia a distribuição de exploração por região, agrupando várias empresas concessionárias, porém não existia um poder competitivo. Esta lacuna impossibilitava o consumidor final de escolher o seu comercializador bem como a tarifa mais adequada à sua utilização [1].

Devido à crise económica dos anos 70 e à dificuldade de previsão de carga presente por causa do crescimento económico dos países, foi necessário reestruturar e liberalizar o setor elétrico, permitindo o aparecimento de novos agentes e a possibilidade de escolha de comercializador, o que levou à estabilização da construção de infraestruturas e produção de energia [3].

O mercado de energia elétrica veio suprimir a falta de competitividade nos sistemas elétricos, invalidando os anteriores monopólios de energia, onde eram aplicados mercados regulados. Esta liberalização e abertura de portas a novas empresas produtoras e

comercializadores refletiu-se nos preços. Estes, com o aumento da concorrência, tendiam a baixar e a permitir que os utilizadores conseguissem ter uma melhor qualidade de serviço [3].

Estes mercados utilizam as políticas de oferta e procura, permitindo um ajustar dos preços. Por sua vez, estas políticas permitem a compra e venda de energia entre produtores, comercializadores e consumidores, através das quais é possível ter maior acesso a todas as ações realizadas no mercado. Desta forma, diferenciam-se dos anteriores modelos de monopólio, onde era difícil ter acesso a informações, uma vez que pertencia tudo a uma só empresa que detinha o poder de realizar ações a seu bom proveito. Em Portugal, este monopólio pertencia a uma única entidade; já em Espanha, apesar de funcionar como monopólio, estavam presentes algumas entidades [3].

2.2. PERSPETIVA HISTÓRICA POLÍTICA

Desde os anos 80 que a União Europeia (UE) vem reunindo esforços para a implementação de um mercado integrado e liberalizado. Contudo, as primeiras diretivas só surgiram no fim dos anos 90 com uma maior expansão e aceitação no início do século. Apesar dos esforços da união europeia em lançar diretivas para o crescimento do mercado liberalizado, estas dependem muito da aceitação e da forma de as transpor em cada estado-membro. Muitas diligências têm vindo a ser feitas e muitas diretivas têm vindo a ser lançadas, mas com efeitos práticos diferentes entre cada país membro [1].

As políticas implementadas têm vindo a sofrer maior efeito prático desde 2007, com o tratado de Lisboa. Apresentam diretivas mais específicas quanto à forma de abertura do mercado a várias entidades, no sentido de adequar as regras para todos os intervenientes do mercado [1]. São realizadas com o objetivo consensual de permitir o fornecimento de energia elétrica com sistemas seguros e serviços de qualidade a preços competitivos e acessíveis aos utilizadores.

2.3. EVOLUÇÃO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS

Desde sempre que o ser humano procura novas fontes de energia para suprimir as suas necessidades e, à medida que estas se vão extinguindo, tem a necessidade de procurar novas fontes e de evoluir tecnologicamente, para usufruir da melhor forma da utilização das mesmas. Primeiramente, foram utilizadas tecnologias rudimentares para o aproveitamento

de energia. Seguidamente, com o aparecimento do carvão, surgiu a máquina a vapor. Depois de exploradas novas tecnologias mais eficientes, surgiu o petróleo e o gás natural, com maior incidência no setor dos transportes. Em meados do século XX, surge a energia nuclear que se revelou uma energia com grande aproveitamento, mas com algumas condicionantes para o meio ambiente [4].

Como todos estes recursos não são considerados ilimitados e a sua utilização se revelou excessiva para o tempo de regeneração dos mesmos, foi necessário evoluir tecnologicamente para a verdadeira introdução de energias com elevado grau de regeneração. Exemplo disso são as energias provenientes do sol, água e vento, essencialmente. Contudo, nos dias que correm, estas energias ainda não são consideradas 100% limpas, uma vez que possuem contrapartidas para o meio ambiente e a sua exploração ainda é considerada cara, relativamente a outras tecnologias como petróleo, nuclear e gás natural. As últimas estão a esgotar-se ou a tornarem-se de difícil exploração, por isso a humanidade tem de evoluir tecnologicamente para usufruir das energias renováveis que têm um grau de renovação praticamente ilimitado. Além disso, tendo em conta o rápido crescimento populacional e o crescente consumo de energia, as energias renováveis são uma forma cada vez mais utilizada para suprimir as necessidades energéticas da população, para quem é considerada quase um bem-essencial [4].

Apesar de, atualmente, a energia proveniente do sol, água e vento ser a mais utilizada, com o evoluir da tecnologia é natural que sejam exploradas outras fontes renováveis, como a energia dos mares, das ondas, biomassa e geotérmica. Estas, obviamente, não fecham as portas ao aparecimento de novas tecnologias.

2.4. MODELOS DE MERCADOS

Existe uma grande variedade de tipos de mercados de eletricidade, sendo que todos têm por base a transação de energia. Por sua vez, cada um possui uma finalidade própria com vista a melhorar a qualidade de entrega de energia e a segurança do sistema.

O mercado de eletricidade mais usual é o mercado em *Pool* que funciona com a apresentação de propostas de compra e venda de energia por parte das entidades produtoras e comercializadoras de energia [5].

Neste mercado, temos presente o operador de mercado (OM), que é a entidade responsável por organizar as propostas de compra e venda por ordem de preço de modo a determinar o preço de mercado, que será o valor que todos os vendedores recebem(geradores) e todos os compradores pagam(cargas). Este processo é realizado no dia anterior, quando são determinadas as propostas, preços e quantidades para o dia seguinte, daí a designação *Day-Ahead Markets*. Neste tipo de mercado, as negociações encontram-se divididas em 24 ou 48 despachos, ou seja, intervalos de 1 hora ou 30 minutos, respetivamente. Como tal, depois de efetuadas estas ações, o operador de mercado disponibiliza o despacho económico ao operador de sistema (OS), o qual viabiliza as condições técnicas do sistema e viabiliza ou rejeita o despacho [5].

Apesar de este ser o mercado mais usual, existem ainda outros tipos de mercados.

2.4.1. MODELO DESAGREGADO

A reestruturação do mercado permitiu uma desverticalização de diversas empresas, originando o aparecimento de diversos agentes e de uma estrutura desagregada.

Neste tipo de modelo, existem diversas atividades. Entre elas:

- Produção (em modelo de competitividade);
- Intermediação financeira (em modelo de competitividade);
- Comercialização (em modelo de competitividade);
- Rede de distribuição (em regime de monopólio regulado);
- Contratos bilaterais:

Estes podem ser de natureza financeira ou física, estabelecidos entre entidades produtoras e comercializadoras ou clientes elegíveis, os quais estabelecem quantidades de energia elétrica a produzir e a receber para um período definido;

- Serviços auxiliares:

Estas entidades podem ser empresas com geração ou que possuam mecanismo de controlo de tensão e produção de energia reativa;

- Rede de transporte:

Atividade gerida em monopólio regulado, devido à dificuldade de gerenciamento múltiplo desta atividade na mesma região. Esta é suportada através da aplicação de tarifas de uso de rede;

- Mercados centralizados:

É uma atividade de gerência de propostas de compra e venda de energia elétrica, para entregar no dia seguinte da negociação. Neste tipo de mercado, existe a formação de preço de mercado para cada hora ou meia hora das 24 horas do dia seguinte, funcionando todos os dias do ano. Esta atividade realiza o cruzamento de ofertas de compra e venda por parte dos diversos agentes legíveis para atuar no mercado. É necessário saber a oferta para o dia e hora, bem como o preço e quantidades necessárias;

- Operador de sistema

O operador de sistema, ou do inglês ISO (*Independent System Operator*), tem como principal atividade gerir as funções de exploração do sistema de transporte. Esta entidade realiza o estudo de viabilidade técnica da rede para o despacho económico executado pelos mercados centralizados. Após verificar a viabilidade da rede para as condições do despacho realizado, o ISO, em caso de aprovação do despacho, contrata os devidos serviços auxiliares; caso contrário, é necessário ativar mecanismos que procedem a modificações para que seja possível a transação de energia. Neste ponto, podemos ainda falar no TSO (*Transmission System Operator*), que é um operador com a função de transmissão de energia elétrica das fontes geradoras até aos operadores de distribuição de energia local. Este operador é também em monopólio, devido ao custo de instalação económico e logístico de instalação de várias redes de transporte, e, portanto, está sujeito a fortes regulamentações. O processo de certificação destas entidades está referenciado no artigo 10.º das diretivas para eletricidade e gás natural de

2009. No caso de modelos como os presentes nos Estados Unidos, podemos ainda ter os RTO (*Regional Transmission Organization*), que são uma categoria que atua a nível regional, devido à dimensão territorial do país.

2.4.2. MODELO *POOL* SIMÉTRICO

Neste modelo, os produtores, comercializadores e entidades elegíveis necessitam de apresentar propostas de compra e venda de volume de energia, para que o operador de sistema consiga verificar a quantidade de energia negociada para um dado período. Este precisa de definir um preço de mercado, a fim de todas as entidades saberem o preço que irão receber pela energia produzida; ou se irão receber a quantidade de energia proposta ao preço definido em mercado. Para tal, é realizado um cruzamento de dados de compra e venda de energia que pode ser exemplificado de forma mais consistente, através da Figura 1.

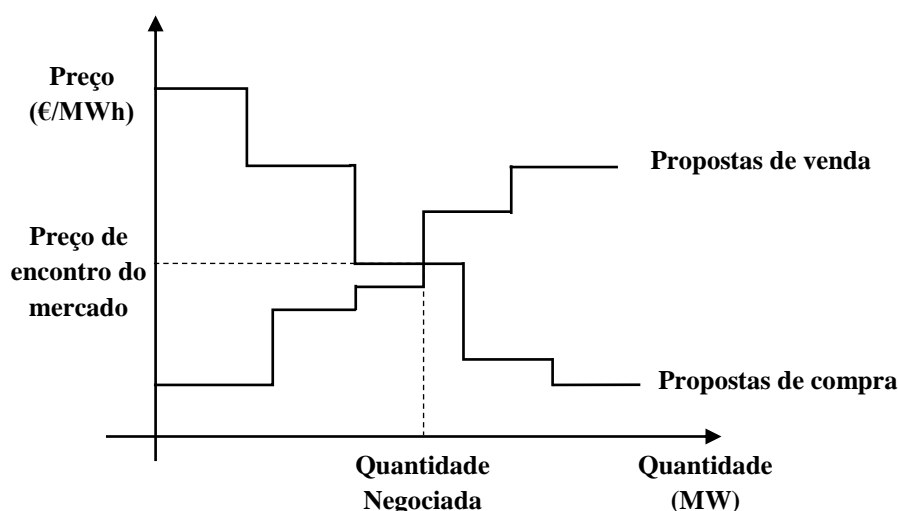


Figura 1 - Modelo *Pool* simétrico [3]

Depois de realizadas todas estas ações, é necessário o OM (Operador de Mercado) realizar o estudo de viabilidade técnica para aprovação do despacho. É de realçar que, na Figura 1, todas as propostas situadas do lado esquerdo do ponto de interseção das retas ou, preço de mercado, serão aceites tanto de compra como venda. Este mercado tem como principal benefício o estudo económico por parte de agentes compradores que apresentam as suas propostas em função do preço de compra. Os agentes compradores querem, portanto, maximizar este benefício de compra. Caso não seja vantajoso, estes consideram não ser viável do ponto de vista económico.

Assim, este tipo de modelo beneficia o aumento da competição, devido ao elevado número de agentes intervenientes, o qual proporciona modificações menos bruscas na formação do preço de mercado [1].

2.4.3. MODELO *POOL* ASSIMÉTRICO

Este tipo de modelo permite apenas a formação das propostas de venda, conforme exemplificado na Figura 2. Este caracteriza a carga como inelástica, não havendo formação de propostas de compra, uma vez que se admite que a carga pague o preço resultante do funcionamento do mercado.

No lado da procura, utilizam-se previsões de carga para cada intervalo de tempo de comercialização com os consumidores elegíveis ou comercializadores. Por esta razão, a procura surge caracterizada na Figura 2 como retas verticais, características de cada intervalo de tempo.

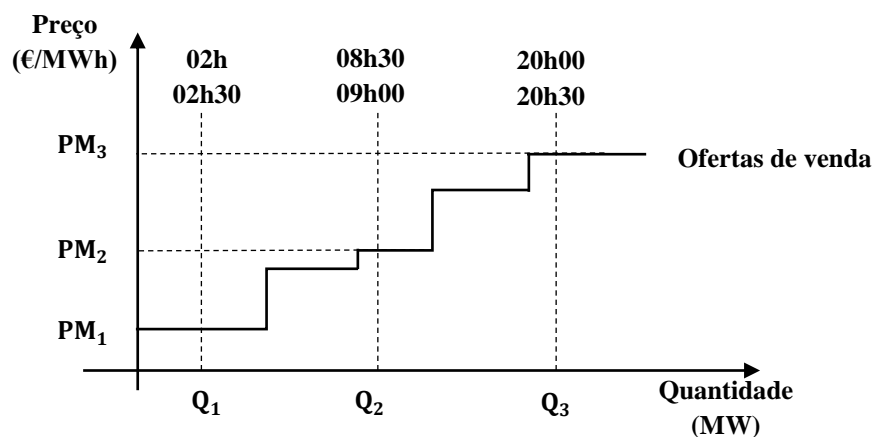


Figura 2 - Modelo *Pool* assimétrico [3]

Neste tipo de mercado, exemplificado na Figura 2, a quantidade de energia Q1 vai ser transacionada em mercado ao preço PM1 e a quantidade Q2 ao preço PM2, e assim sucessivamente. Este tipo de modelo de mercado mostra que os preços são influenciados pelas propostas de venda, pela procura e possíveis saídas de funcionamento, sejam elas avarias ou manutenções.

Em ambos os casos, *pool* simétrico ou assimétrico, um mercado ideal seria caracterizado pelo elevado número de participantes e pela distribuição da capacidade de produção. Nos dois, as curvas de oferta e procura não apresentariam descontinuidades acentuadas. Neste mercado ideal, os preços seriam mais homogêneos, não apresentando

tantas variações. Neste, podemos, ainda, falar de participações obrigatórias ou voluntárias. Em modelo obrigatório, os consumidores elegíveis, comercializadores e produtores têm de apresentar as suas propostas em mercado; já em modelo voluntário, os mesmos intervenientes podem apresentar as suas propostas ou realizar as transações diretamente através de contratos bilaterais [3].

2.4.4. MODELO *POOL*-BILATERAL OU HÍBRIDO

Neste modelo, os intervenientes, consumidores elegíveis e comercializadores podem realizar as transações de energia diretamente com os produtores, tendo apenas de informar o operador de sistema para posterior análise das condições técnicas da rede. Este permite aos consumidores elegíveis e comercializadores encontrar o produtor certo para efetuar a transação, e *vice-versa*, tendo como objetivo maximizar os lucros e assegurar o fornecimento de energia. Além disso, reduz a volatilidade do mercado e do preço em mercado *spot*, devido, essencialmente, ao problema de armazenamento da energia, mas também às condições de carga e influência de funcionamento dos grupos geradores e linhas de transporte que, por vezes, somente estão disponíveis para um dado período. Aqui, os intervenientes conseguem negociar com entidades conhecidas, ao contrário dos modelos em *pool*, nos quais as entidades não sabem quem lhes fornece a energia e quem a produz não sabe a quem se destina [3].

Neste tipo de mercado, podemos ainda mencionar os contratos bilaterais físicos que possuem um maior grau de detalhe ao nível de nós de injeção e absorção da energia. Estes permitem a alteração do funcionamento do sistema nas regiões onde estes contratos irão influenciar. Normalmente, são estabelecidos para prazos iguais ou superiores a um ano, e possuem maior nível de detalhe, o que permite ao operador de sistema verificar a viabilidade técnica com maior pormenor. Com isso, contribui para uma maior segurança do sistema e para a qualidade de serviço da energia.

Em grande parte dos países que sofreram reestruturação do setor elétrico, podemos ainda falar em modelos de estrutura mista, ou híbridos, os quais permitem a celebração de contratos bilaterais que funcionam em simultâneo com o modelo de mercado em *pool*. Normalmente, estes mercados funcionam em modelo de participação voluntária, dando opção de escolha aos intervenientes nas relações que pretendem estabelecer [3].

Na Figura 3, podemos observar, de forma sucinta, o modelo de mercado pool-bilateral ou híbrido.

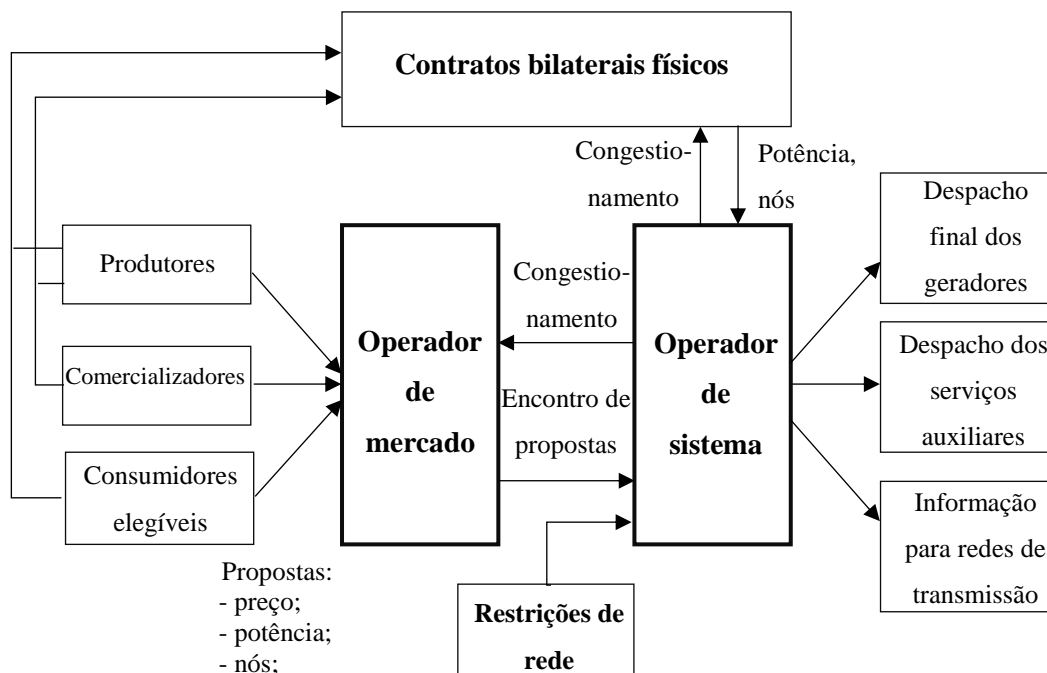


Figura 3 – Modelo *Pool*-bilateral ou híbrido [3]

Este modelo tenta combater a volatilidade do mercado e do preço do mesmo, permitindo aos agentes intervenientes possuir um mercado com maior grau de transparência e conhecimento. Contudo, o número de agentes presentes em mercado influencia o preço e, por isso, este pode apresentar instabilidade, devido ao poder de mercado que certos agentes possuem. Estes podem, também, fazer variar o preço do mesmo, conforme for mais benéfico para eles. Por essa razão, quanto maior o número de intervenientes maior vai ser a estabilidade de preços em mercado. Porém, existem fatores que ainda não possuem soluções bem definidas, como é o caso do armazenamento de energia. Estes podem influenciar o preço devido às características técnicas específicas de geração de energia [3].

2.4.5. CONTRATOS DE CARÁCTER FINANCEIRO: CONTRATOS ÀS DIFERENÇA, FUTUROS E OPÇÕES

O objetivo destes contratos é idêntico ao presente nos contratos bilaterais: reduzir a volatilidade do mercado e dos seus preços, permitindo realizar um melhor planeamento dos objetivos e maximização dos lucros. Este mercado possibilita aos comercializadores e

consumidores elegíveis obter uma menor variação do preço de mercado, conseguindo uma estabilização dos valores a pagar ou receber pelas entidades intervenientes.

Estes funcionam por diferenças relativamente ao preço estabelecido entre consumidor elegível ou comercializador e produtor. Neste caso, quando o preço é inferior ao estabelecido o comercializador ou consumidor elegível paga a diferença entre o preço estabelecido e o preço de mercado ao produtor, e *vice-versa* [3].

2.4.6. SERVIÇOS DE SISTEMA

Os serviços de sistema são uma entidade que garante a exploração segura e correta do sistema elétrico de energia, possuindo três grandes funções: o controlo de frequências e reservas; o controlo de tensões e potência reativa; e o *black start* ou capacidade de reiniciação do sistema em caso de *black out*.

Estes serviços permitem garantir a correta exploração da rede, monitorizando a frequência elétrica desta, através de três reservas, a primária, a secundária e a terciária. Ao nível europeu, existe uma agência responsável pelo controlo da frequência distribuída por várias áreas de controlo, a *European Network of Transmission System Operators of Electricity* (ENTSO-E).

A reserva primária possui um valor de 3000 MW, distribuídos pelas diversas áreas de controlo, sendo cerca de 53 MW, em Portugal. Esta reserva tem como propósito a resposta rápida e localizada de unidades produtoras a variações rápidas de carga.

A reserva secundária tem como finalidade o controlo de frequência por zonas e trocas de energia entre áreas. Normalmente é realizada por telerregulação. Em grande parte dos casos, inclusive em Portugal, o serviço é contratado em mercado e remunerado no mesmo.

A reserva terciária é acionada em caso de falha de elementos do sistema elétrico e tem por base o défice máximo de produção, devido à falha existente. Por norma, cerca de 2 % do consumo estipulado para o mesmo período. Este serviço é contratado em mercado na generalidade dos casos, inclusive em Portugal.

Para o controlo da tensão e da potência reativa que flui no sistema, são feitos os controlo zonal e controlo geral. O primeiro é feito por meio de reguladores automáticos de tensão dos geradores que regulam a tensão para que esta esteja compreendida entre os valores

estabelecidos. No caso do controlo geral do sistema, o OS (Operador de sistema) possui mecanismos, como tomadas de transformadores e bancos de condensadores, para estabilizar a tensão entre os valores estabelecidos [3], [1].

Os serviços de sistema ainda são responsáveis pela capacidade de reiniciação do sistema, ou *Black Start*, em caso de falha geral do sistema. Este serviço é estabelecido com a utilização de geradores que colocam o sistema em funcionamento, fornecendo energia aos geradores que necessitam desta para o seu funcionamento.

2.4.7. MERCADOS INTRADIÁRIOS E MERCADOS DE RESERVA

Nos mercados intradiários é possível reajustar a quantidade de energia necessária para um dado intervalo de tempo, permitindo uma maior rentabilização da energia utilizada, bem como contornar problemas, como congestionamento de linhas. Este mercado permite ajustar as necessidades em tempo real. No caso do MIBEL, é, normalmente, estruturado em seis sessões com distribuição de horários por sessão.

Na grande generalidade dos casos, inclusive Portugal, existe a contratação de reservas secundárias e terciárias em mercado, e que podem ser acionadas pelo OS [3], [1].

2.5. CADEIA DE VALOR DOS MERCADOS DE ELETRICIDADE

O mercado de energia elétrica tem como objetivo transacionar e transportar a energia elétrica até ao consumidor final. Para tal, existem quatro grandes etapas: produção, transporte, distribuição e comercialização, conforme ilustrado na Figura 4.

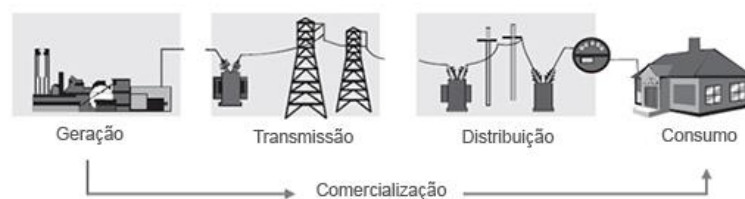


Figura 4 - Cadeia de valor do mercado elétrico [6]

2.5.1. PRODUÇÃO

Na cadeia de valor temos, numa fase inicial, a produção da energia elétrica, que pode ser feita em dois tipos de regimes: produção em regime ordinário (PRO) e produção em regime especial (PRE). As duas distinguem-se pelo tipo de fonte utilizada; nos PRO

utilizamos fontes tradicionais não renováveis, como carvão, gasóleo e gás natural, entre outras, e grandes centros hidroelétricos de produção; nos PRE utilizamos fontes renováveis para a produção de energia, como solar, biomassa, eólica, entre outras [7].

2.5.2. TRANSPORTE

A rede de transporte é o mecanismo inicial de condução de energia até ao consumidor final que se faz em muito alta tensão, 150, 220 e 400 kV. É, normalmente, operado em regime de monopólio, sendo a empresa que o opera responsável pela sua atividade. Em Portugal, esta empresa é a REN (Redes Energéticas Nacionais), que atua em regime de serviço público e que recebeu a concessão atribuída pelo estado português para 50 anos, sendo válida até 2057. Nesta concessão, estão implícitas obrigações, como planeamento, construção, operação e manutenção das Rede Nacional de Transporte (RNT). É também imperativo o planeamento e gestão do Sistema Elétrico Nacional (SEN), para uma correto funcionamento e interligação das infraestruturas, com vista a garantir-se a segurança e continuidade de serviço no abastecimento de energia [7].

2.5.3. DISTRIBUIÇÃO

Da distribuição fazem parte as redes de alta, média tensão e baixa tensão. Também se trata de um setor que possui, normalmente, um regime de monopólio, que, no caso português, está ao abrigo da subsidiária do grupo EDP, EDP distribuição. As redes de baixa tensão são operadas através de contratos de concessão que são atribuídos através de concursos públicos [7].

2.5.4. COMERCIALIZAÇÃO

Na última etapa desta cadeia de valor está presente a comercialização, atividade realizada por algumas empresas que estabelecem a relação com o consumidor final, a qual inclui a prestação do serviço e respetiva faturação. Com a liberalização do setor elétrico, iniciou-se a separação entre a comercialização e a distribuição, permitindo aos comercializadores o direito de acesso as redes, através do pagamento de tarifas estabelecidas pela ERSE (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos). A comercialização é realizada em mercado livre, através de um mercado regulado [7].

Algumas das tarifas reguladas pela ERSE são:

- Tarifa de Uso Global do Sistema;
- Tarifa de Uso da Rede de Transporte;
- Tarifa de Uso das Redes de Distribuição;
- Tarifa de Energia;
- Tarifa de Comercialização:
 - Tarifas de Acesso às redes (Contêm as tarifas de uso do sistema, uso da rede de transporte e uso da rede de distribuição)
 - Tarifas de Venda a Clientes Finais (aplicada aos consumidores em mercado regulado).

2.6. MERCADOS INTERNACIONAIS

Com a liberalização da comercialização de energia, surgiram alguns mercados característicos de países e/ou regiões. Destes urge realçar o mercado nórdico - o *NordPool* - , o mercado ibérico - o Mibel – e os mercados do Reino Unido, França e Suécia.

O mercado sueco foi um dos impulsionadores para a criação do *NordPool*. Iniciou o processo de liberalização entre 1991 e 1992, o qual ficou completo em 1996. No entanto, o mercado sueco de eletricidade nunca foi um monopólio nacionalizado ou centralizado, uma vez que existiam empresas, privadas e públicas, com funções específicas para diferentes áreas de exploração da rede. Com o processo de liberalização, a Suécia apenas fez a distinção legal e efetiva da gestão das redes, dado que já eram realizadas distinções entre os níveis de tensão da rede. Já existiam empresas diferentes responsáveis por cada nível de tensão, sendo que na baixa tensão poderiam atuar várias empresas [8].

Após os processos de liberalização dos mercados da Noruega, em 1991, da Suécia, em 1996, da Finlândia, em 1997, e, por último, da Dinamarca, em 2002, sendo que estes processos eram bastante idênticos, foi possível a criação de um mercado regional com o objetivo da criação de uma bolsa nórdica de energia elétrica, o *NordPool*. Assim, aumentou-se a concorrência entre os países e empresas. As empresas detentoras de um grande poder

conseguem, agora, vender para outros países. Vejam-se os casos da *Fortum* (Finlândia), da *Sydkraft* (propriedade da alemã E.On) e da sueca, *Vattenfall*. Estas três são responsáveis por cerca de 88% da energia produzida na Suécia e de cerca de 40% do total de produção do *NordPool* [9].

O mercado do Reino Unido possui um dos maiores casos de sucesso, no que diz respeito à reformulação do setor elétrico, tendo sido o pioneiro na Europa a acabar com os monopólios de energia, iniciando as primeiras medidas em 1990. O setor elétrico foi separado em três regiões distintas: Inglaterra, em união com o País de Gales, Escócia e Irlanda do Norte [9].

Antes do processo de liberalização, existiam empresas verticalmente integradas que faziam a gestão da rede e cada área funcionava de maneira distinta. Apenas em 1983, se iniciou o processo de liberalização, mas com fortes barreiras de oposição à entrada no mercado. Por isso, somente em 1989, começaram a privatizar-se as empresas que compunham o setor elétrico [9].

França sempre esteve um pouco atrasada em relação aos restantes países da União Europeia, possuindo ainda forte domínio por parte da EdF (*Électricité de France*). Esta trata-se de um caso particular, uma vez que a sua produção de energia é de 75% de nuclear. De facto, as centrais nucleares são da propriedade da EdF e perfazem 85% dos parques de produção da empresa. Desta forma, em França, apenas foram completados os objetivos mínimos impostos pelas diretivas europeias, abrindo o mercado de comercialização de eletricidade gradualmente. Primeiramente, a grandes consumidores, e por quantidades, sendo que, em 2003, apenas estavam disponíveis para comercialização 23 GWh/ano (cerca de 37% das necessidades energéticas francesas). Em 2004, foi disponibilizado para todos os consumidores profissionais cerca de 70% do mercado e, apenas em 2007, foi disponibilizado a todo o mercado, inclusivamente consumidores domésticos. Contudo, ainda existe um forte domínio da EdF e da energia nuclear que produz (cerca de 90% da energia em França). Para contrariar esta tendência, a União Europeia lançou diretivas, em 2011, que obrigam a EdF a vender $\frac{1}{4}$ da sua produção a um preço definido pelo regulador [8], [10].

3. MERCADO IBÉRICO DE ELETRICIDADE (MIBEL)

3.1. INTRODUÇÃO

A primeira experiência de desenvolvimento de mecanismos de mercado no setor elétrico iniciou-se no Chile, no final da década de 70. Estes mecanismos de mercado visavam a racionalidade e transparência dos preços de energia elétrica. O modelo implementado pelo Chile foi bem-sucedido, e por isso adaptado pela Argentina, que realizou alterações para melhorar o funcionamento do mercado elétrico. A Argentina desenvolveu este modelo com vista à privatização dos ativos de geração e captar capital para reabilitar e expandir o seu sistema de energia. Durante a década de 90, o conceito de mercado foi alargado a outros países da América Latina como o Peru, Brasil e Colômbia. Na Europa, em 1990, o Reino Unido privatizou o seu sistema de fornecimento de energia elétrica, sendo este período um importante marco na formação de outros mercados de energia elétrica.

3.2. EVOLUÇÃO DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA, EM PORTUGAL

Em Portugal só em finais do século XIX é que a utilização de eletricidade começou a expandir-se pelo território nacional. Porém, sem qualquer interligação entre locais, que, normalmente, eram centros urbanos uma vez que apresentavam condições mais propícias

para tal. No início do século XX surgiram as primeiras legislações focadas na segurança de funcionamento das instalações. A meio do século XX, Portugal atribuiu concessões a cada município, uma vez que foi lançada a Lei N°2002, que visava estipular regras para a orientação do setor elétrico nacional. Estas concessões eram, normalmente, entregues a empresas privadas. Com a revolução de 1975, o setor elétrico também sofreu reformulações, nomeadamente a nacionalização, atribuindo as tarefas de produção, transporte e distribuição à EDP, no continente, à EEM (Empresa de Eletricidade da Madeira), na Madeira, e à EDA (Eletricidade dos Açores), nos Açores [11].

Em 1995, Portugal iniciou o Processo de liberalização do setor elétrico, devido à diretiva 96/92/CE, de 19 dezembro, que permitiu a criação de regras para estabelecimento de um Mercado de Energia. A EDP é novamente privatizada, e é permitido o acesso à produção e distribuição de energia elétrica. A partir deste momento é definido um sistema elétrico nacional, e introduzida uma entidade independente para regulação do setor, a ERSE. Contudo, ainda só existia um operador único que produzia e vendia energia, mas utilizando tarifas reguladas pela ERSE [11].

Em 2003, com o lançamento da Diretiva 2003/54/CE, de 26 de junho, deu-se a criação do MIBEL, com base nos interesses entre Portugal e Espanha, sendo definidas novas regras para o SEN. Com a introdução do Decreto-Lei n°29/2006 de 15 de fevereiro, estabeleceram-se regras de abertura e concorrência de mercado [12].

3.1. EVOLUÇÃO DO MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA, EM ESPANHA

Em 1852, surge a primeira referência à utilização de energia elétrica, numa farmácia em Barcelona. Em 1881, aparece a *Spanish Electricity Society*, que foi o primeiro fornecedor de energia espanhol. No início do século XX, Espanha possui 859 centrais de produção, 61% térmicas e 39% hidroelétricas. No final do século, Espanha conseguiu aumentar em 12 vezes a sua capacidade de geração, com 81% da produção a derivar de centrais hidroelétricas. A guerra civil espanhola de 1959 levou a grandes constrangimentos e cortes no fornecimento de energia, visto que a procura desta era demasiada. Entre 1960 e 1973, Espanha conseguiu estabilizar o seu sistema elétrico, permitindo a exportação de energia para Portugal e França. Com isto, as interligações começaram a crescer neste mesmo período. Em maio de 1983, surgiu um protocolo que visava a criação de uma entidade pública, que geria a rede elétrica espanhola. Entre 1990 e 1997, Espanha, como grande parte dos países da União Europeia, começaram a privatizar os serviços públicos de energia, desverticalizando o setor, permitindo o acesso as atividades de produção e comercialização. Com a introdução, em

1986, do Ato Único Europeu, foi estabelecido a criação de um mercado interno de eletricidade na União europeia, a atingir até janeiro de 1993, que impulsionou os países membros à criação dos seus próprios mercados [13].

A mudança do modelo estrutural só se deu em 1996, com a introdução de novas regras e bases no setor. Estabelecendo um protocolo, que o Ministro da Indústria e Energia e o Presidente da UNESA (Unidad Eléctrica S.A), assinaram em dezembro de 1996.

O Setor elétrico espanhol viu o seu mercado marcado pelo início da liberalização com a aprovação da Lei 54/1997 de 27 de novembro, que expressava os acordos do protocolo assinado em 1996. Este processo permitiu a entrada de novas empresas, uma vez que anteriormente o setor funcionava em regime de monopólio. Estas regras para a liberalização do Mercado tiveram por base a Diretiva 96/92 / CE, sobre as regras comuns do Mercado Interno da Eletricidade.

A introdução de nova legislação permitiu a transformação radical do setor elétrico, introduzindo livre acesso e concorrência nas atividades de geração e comercialização.

Em 1 de Janeiro de 2003, todos os utilizadores de energia espanhóis poderiam escolher o seu fornecedor, beneficiando de uma tarifa de eletricidade regulada [14].

3.2. MERCADO IBÉRICO DE ELETRICIDADE - MIBEL

O MIBEL, Mercado Ibérico de Eletricidade, reúne os esforços de Portugal e Espanha na criação de um mercado ibérico de energia. Possibilitando a ligação às restantes redes europeias e as redes do Norte de africa, permitindo a realização de trocas comerciais de energia elétrica. Este mercado baseia-se no conceito de mercado único europeu [13].

A criação deste mercado iniciou-se em 1998, com a celebração de um acordo entre o ministério da Economia português e o Ministério da Indústria e Energia espanhol, com o grande objetivo do livre comércio de energia elétrica na península ibérica [13].

Devido ao consenso mútuo de ambos os países, foi decidida a criação de um mercado ibérico de energia. Este teria por base as conclusões do Conselho Europeu de Lisboa, realizada em 23 e 24 de março de 2000. Foram então iniciadas as conversações e a celebração do primeiro protocolo, *Protocolo de colaboração entre as administrações espanhola e portuguesa para a criação do Mercado Ibérico de Eletricidade*, celebrado em Madrid, a 2 de novembro de 2001. Aqui regem-se as bases e os conceitos das entidades presentes na administração do setor, administrações públicas, reguladores e operadores do mercado da

eletricidade. Este protocolo referencia os objetivos no reforço das redes de interligação entre Portugal e Espanha, e a harmonia entre os setores de eletricidade e gás natural. Este entrou oficialmente em vigor a 1 de janeiro de 2003.

Definidas as bases de estruturação, definiu-se, em Valência, em outubro de 2002, o modelo de estruturação do MIBEL e as principais metas a atingir para a real criação do mesmo. O modelo proposto foi a utilização de um Operador de mercado Ibérico único, dividido em dois polos:

- Polo português, responsável pelos mercados a prazo;
- Polo espanhol, responsável pela gestão do mercado diário e intradiário.

Em valência foi ainda definido os três grandes pilares para a sua construção:

- Desenvolvimento de uma estrutura física comum de suporte ao mercado regional ibérico, apoiada no desenvolvimento das infraestruturas de transporte de eletricidade e na articulação da planificação energética e das redes de transporte em alta tensão;
- Criação de um quadro legal e regulatório harmonizado, criando as condições jurídicas e económicas que permitissem a participação das empresas de ambos os países no MIBEL num contexto de compatibilização dos procedimentos de operação dos sistemas elétricos;
- Coordenação das condições económicas de participação no mercado, através da convergência das metodologias de definição das tarifas, dos custos de transição para a concorrência, das condições de acesso às interligações e do grau de abertura dos mercados.

Em 8 de novembro de 2003, na Figueira da Foz, foi assinado um acordo entre Portugal e Espanha, onde estão definidas as condições para a iniciação do Mercado Ibérico de Eletricidade e a data para a iniciação do mesmo.

Em 20 de Janeiro de 2004, em Lisboa, foi assinado o *Acordo entre a República Portuguesa e o Reino de Espanha para a Constituição de um Mercado Ibérico da Energia Elétrica*. Aqui foram definidos programas de integração dos mercados ibéricos de eletricidade, definidas orientações para o desenvolvimento do MIBEL, ao nível legislativo, regulamentar e soluções operacionais de mercado.

Em 1 de Outubro de 2004, foi assinado um novo acordo, visto que a meta de iniciação do MIBEL a 20 de abril de 2004, não se concretizou devido a divergências de carácter político e legal.

O acordo estabelecido entre ambas a parte entrou em vigor a 10 de abril de 2006, em Portugal, e em 1 de julho de 2007, arranca finalmente o MIBEL [15].

A estrutura do MIBEL assenta em três grandes fundamentos:

- A sua construção e desenvolvimento, tendo em vista eventos mais marcantes;
- Conselho de reguladores, numa perspetiva institucional. Este é responsável pelo acompanhamento da aplicação do mercado e do seu próprio desenvolvimento;
- Harmonização regulatória, tendo em vista acordos mútuos de ambos os lados, Portugal e Espanha, viabilizando os esforços desenvolvidos pelos governos e pelo conselho de reguladores.

A sua construção e desenvolvimento iniciou-se em 1998, com a união de esforços das partes integrantes, portuguesa e espanhola. Estas iniciaram as conversações e estudos para ultrapassarem os obstáculos e unirem ideias para a criação de um mercado ibérico de eletricidade. O mercado arrancou formalmente a 1 de julho de 2007 e teve várias atualizações ao longo dos anos, conforme os problemas iam surgindo.

Em 2001, na sequência do memorando assinado em 29 de julho de 1998, as partes integrantes de ambos os países viram a criação de um mercado ibérico como benéfica, acelerando a sua criação. Com isto, assinaram um protocolo a 14 de novembro de 2001, tendo em conta as ilações retiradas no conselho europeu de lisboa, em 24 de março de 2000.

Em 2002, foram apresentadas propostas conjuntas, que integravam o modelo de organização do Mercado Ibérico de Eletricidade. Este foi apresentado pelas entidades ERSE e CNE (*Comisión Nacional de Energia*), devido à pressão dos Governos de Portugal e Espanha.

Em junho de 2003, foram aprovadas, através do Despacho n.º 12 596/2003 (2ª Serie), os estatutos e modelos de organização e funcionamento do polo português. Estes conduziram à criação do OMIP (Operador do mercado ibérico de energia, Polo Português).

Em agosto de 2003, com a publicação do Decreto-Lei n.º 185/2003, de 20 de agosto, foram estabelecidas as regras necessárias para o funcionamento do mercado, com a introdução de regras gerais para a comercialização de energia elétrica no SEN.

Em abril de 2004, foi assinado um acordo, em título provisório, entre Portugal e Espanha que visava a constituição de um mercado ibérico de energia elétrica, este acordo, no entanto, não entrou em vigor.

Em julho de 2004, foi definido o período de intervenção, que define as funções da sociedade de compensação de mercados de energia, constituída a 6 de abril de 2004, para os mercados a prazo. É também constituído o mercado de operações a prazo, que será gerido pelo OMIP, e definidos os membros que podem aí atuar.

Em outubro de 2004, é celebrado o acordo de Santiago de Compostela, que permite aos operadores de mercado realizar as suas operações em toda a península ibérica. Neste acordo é assinado um novo acordo, que elimina o acordo de 22 de abril de 2004. Este é um importante momento no que diz respeito a criação do MIBEL, com vista a um mercado interno de energia da União Europeia.

Em fevereiro de 2005, é determinada a viabilidade económica do OMIP e da sociedade de compensação do mercado de energia. Esta tem como funções o funcionamento e gestão dos mercados a prazo. Estas funções serão suportadas por uma tarifa de uso global do sistema.

Em novembro de 2005, na XXI cimeira Luso-Espanhola em Évora, é definido uma nova data para o arranque do MIBEL. Aqui é estabelecido um acordo entre Portugal e Espanha para a criação do conselho de reguladores.

Em novembro de 2006, na XXII cimeira Luso-Espanhola em Badajoz, são acordadas condições para o arranque do MIBEL e definido um plano de compatibilização regulatória.

Em março de 2007, é assinado o plano de compatibilização regulatória do setor energético, que define os trabalhos a desenvolver pelos governos de Portugal e Espanha, e pelo conselho de reguladores. Estes adquiriram um conjunto de tarefas a desenvolver.

Em julho de 2007, dá-se um passo importante no arranque do MIBEL, uma vez que é permitida a concorrência na produção de energia elétrica no mercado grossista em Portugal e Espanha. O Decreto-Lei n.º 264/2007 define o conjunto de regras para o aumento da concorrência no MIBEL.

Em janeiro de 2008, é realizado uma revisão do acordo de 1 de outubro de 2004, que contemplava esta mesma revisão. Este leva em conta os resultados obtidos nos três anos posteriores a sua assinatura, verificando a concretização do plano assinado em março de 2007, visando a harmonização regulatória.

Em janeiro de 2009, é aprovado o acordo assinado em janeiro de 2008, relativo a constituição do MIBEL. Na XXIV Cimeira Luso-Espanhola em Zamora, é definida a introdução definitiva do operador de mercado, com a integração dos dois operadores.

Em novembro de 2009, é realizada uma retrospectiva do funcionamento do MIBEL, uma vez que se passaram dez anos desde o início das conversações entre Portugal e Espanha. Esta retrospectiva permitiu realizar uma análise das ações tomadas, bem como desenvolvimentos e resultados. Este estudo foi disponibilizado a todos os interessados e contemplava ainda um conjunto de recomendações.

Em junho de 2010, realizou-se uma conferência do conselho de reguladores, que fez uma retrospectiva dos três anos do real arranque do MIBEL. Aqui, definiram-se novos desafios que possam aparecer. Foi também apresentada uma nova proposta para o mecanismo de gestão a prazo da interligação Espanha-Portugal.

Em março de 2011, é implementada a criação do *site* MIBEL, iniciando-se a 25 de março de 2011 o seu *site* [15], com o objetivo fundamental da divulgação de informação relativa da sua atividade, membros, instituições, regulações, supervisões e iniciativas provenientes do funcionamento do MIBEL.

Em julho de 2012, é realizado um estudo sobre a introdução da PRE, tendo realizado uma consulta pública que visava obter pontos de vista sobre a integração da PRE. Obterem-se importantes contributos, que permitiram realizar uma proposta, posteriormente enviada a ambos os governos. Nesta são identificadas as alterações legislativas consideradas necessárias para um melhor funcionamento do mercado.

Por fim, em 2018, foi realizado um estudo sobre a introdução das energias renováveis e cogeração no MIBEL. Este estudo revela-se importante, nomeadamente, devido ao seu contributo para o desenvolvimento e sustentação do mercado [16].

O conselho de reguladores é um conselho onde estão presentes entidades representantes de ambos os países. Foi criado devido ao artigo 11.º do acordo celebrado em Santiago de Compostela. Este conselho tem funções como:

- Acompanhamento da aplicação e desenvolvimento do MIBEL;
- Ser capaz de deliberar sobre a aplicação de sanções muito graves;
- Competências no âmbito da coordenação dos seus membros relativas a supervisão do MIBEL;
- Deliberações sobre propostas de regulamentação acerca do funcionamento do mercado. E possíveis modificações dos regulamentos propostos das sociedades gestoras dos mercados constituintes.

Este conselho possui dois *comités*, um de presidentes e outro de técnicos. O primeiro, possui administradores de cada entidade participante e a responsabilidade de designar representantes presentes no *comité* técnico. A presidência do conselho possui uma rotatividade anual entre representantes de cada país. A presidência sofre alterações a cada seis meses. A formalização deste conselho foi efetuada a 15 de março de 2006, e está desde então responsável pelos conjuntos de ações que são referências para a construção do MIBEL [17].

Para atingir a harmonização regulatória, entidades de ambos os países realizaram um plano de compatibilização regulatória. Este Plano contempla áreas como:

- Definir critérios de organização e coordenação do OMI;
- Apoio na coordenação entre os operadores de sistema;
- Diretrizes necessárias para o aumento da concorrência no MIBEL, a fim de diminuir o poder de mercado;
- Estímulo para a convergência do plano tarifário entre ambos os países;
- Procedimento para administração das interligações;
- Métodos de salvaguarda de potência.

O conselho de reguladores teve influência na harmonização regulatória, uma vez que apresentou propostas a ambos os países para cada um dos tópicos acima referidos.

3.2.1. OPERADOR DE MERCADO IBÉRICO DO PÓLO PORTUGUÊS - OMIP

OMIP ou Operador de Mercado Ibérico do Pólo Português, foi criado com o intuito e responsabilidade de operar os mercados a prazo, cujos ativos incidem sobre a eletricidade e gás natural. Foi criado para reduzir os riscos de negócio dos mercados a prazo e melhorar as limitações existentes nos contratos bilaterais. Funciona em parceria com a sociedade de compensação, que garante a gestão das garantias e liquidações. Este operador, oferece uma forma de negociação para contratos futuros, *forwards*, *swaps* e de opções [18].

Os contratos de futuros, são contratos onde a entidade compradora define um período para o qual pretende adquirir energia, comprometendo-se a tal. A entidade vendedora, por sua vez, pactua com a entidade compradora, a fim de providenciar a quantidade de energia pretendida pelo comprador no período definido, ao preço definido no momento da transação. Neste tipo de mercado existem ajustes diários entre o preço definido na transação e o preço de mercado diário. Este tipo de ajustes é da responsabilidade da sociedade de compensação, que o realiza para a data ou período de entrega definido. No OMIP são estes os tipos de contratos mais frequentemente celebrados.

Os contratos de *Forward* são contratos que contemplam a transação de volumes de energia para períodos definidos e com quantidades definidas. Existe compromisso de ambas as partes, o vendedor de disponibilizar e o comprador de adquirir a quantidade contratada em data a definir. Contudo, este possui um preço padrão, que não sofre ajustes diários de preço nas datas definidas por parte da sociedade de compensação.

Os contratos *Swap* são contratos onde não existe entrega do produto comercializado. Estes apenas gerem o risco dos ajustes diários de preço, assumindo o risco inerente a variabilidade de preço. Nestes contratos são adquiridas posições de preço fixo, por posições de preço variável, ou vice-versa, em função dos interesses económicos.

Nos mercados a prazo realizados pelo OMIP existem dois tipos de negociação:

- Negociação em Contínuo;
- Negociação em Leilão.

Existe ainda um tipo de negócio, denominado, negociação de balcão, que pretende assumir o risco dos ajustes diários nos contratos a prazo, sendo o mercado organizado a assumir este risco [19].

3.2.2. OPERADOR DE MERCADO IBÉRICO DO PÓLO ESPANHOL - OMIE

O OMIE ou Operador de Mercado Ibérico do Pólo Espanhol, é o órgão de mercado responsável pela gestão de forma integrada dos mercados diários e intradiários. O seu modelo de funcionamento é semelhante ao de muitos outros mercados europeus. Esta entidade gere, na globalidade, o mercado de eletricidade, onde os compradores e vendedores realizam as suas trocas de energia, a preços regulados e expressos de forma pública.

No mercado diário, é realizada a transação de energia para o dia seguinte ao dia da negociação. Neste Mercado são organizadas as propostas de compra e venda, e o preço é obtida para as 24 horas do dia seguinte. Este funciona em modelo de *Pool* simétrico, *Day Ahead Market*, voluntário e não obrigatório. O Preço é obtido tendo em conta a variação deste, da quantidade de procura e da elasticidade do preço da procura. No caso de a elasticidade de preço ser 0, ou seja, procura inelástica ou rígida, estamos perante um modelo em *Pool* assimétrico, onde temos de levar em linha de conta a carga específica inelástica [20].

Neste tipo de mercados, os agentes vendedores e compradores recebem e pagam o mesmo preço, designado por preço marginal único. É necessário saber também o valor da capacidade de interligação comercialmente disponível, para cada intervalo de tempo de comercialização, podendo esta ter várias situações que diminuam a capacidade de interligação, sejam elas manutenções, eventos externos, etc.

Devido à interligação dos mercados, e à criação de um preço de mercado único, é necessário garantir a capacidade de interligação, uma vez que a energia comercializada pode ser produzida em qualquer parte da península ibérica e consumida em qualquer parte da mesma, dependendo das transações efetuadas. Por isso, é necessário garantir a capacidade de interligação necessária para que estejamos perante um mercado único, com um único preço de comercialização.

A interligação entre Portugal e Espanha, tem vindo a sofrer várias alterações com o constante aumento das mesmas, tendo duplicado a capacidade de interligação entre 2010 e 2015.

Em mercado, depois de efetuado o despacho pelo operador de mercado é obtido o trânsito de potências. Inclusive nas interligações sendo verificada a viabilidade do despacho, que em caso de estrangimento de linhas é realizada uma separação de mercados, com preços distintos. No caso de aprovação do despacho, o preço é único e igual para todo o mercado ibérico [20].

No caso de um constrangimento de linhas, devido aos fluxos de potência determinados em mercado, dá-se o *market splitting* ou separação de mercados. Neste caso, Portugal e Espanha deixam de possuir um mercado único, com preço único, sucedendo uma separação de zonas, com as duas áreas a funcionarem independentemente com mercados distintos. Algumas das razões para que este acontecimento ocorra são: o tipo e local de produção em cada área, o tipo de gestão do agente de mercado e a limitação da interligação entre as duas áreas [20].

Em mercado, são apresentadas ofertas de venda ao operado de mercado, que podem ser simples ou complexas. Nas propostas simples, temos apenas o preço que o vendedor está a comercializar a sua energia, a quantidade que pode produzir e a hora na qual ira ser produzida.

Nas Propostas complexas, o vendedor possui algumas restrições técnicas, que tem de ser levadas em linha de conta pelo operador de mercado.

Estas condições podem ser:

- Valor mínimo de funcionamento para determinados períodos;
- Pouca elasticidade de produção, que não permite grande variações na quantidade de produção entre intervalos de tempo;
- Remuneração mínima, sendo necessária uma remuneração mínima para uma quantidade mínima a produzir para que a central obtenha lucro na produção. Sendo que esta condição não seja possível a central não participa no mercado;
- Paragens programadas [17].

No caso de estarmos a falar no mercado intradiário, este é um acréscimo do mercado diário, permitindo realizar ajustes no próprio dia, possibilitando aos agentes de mercado apresentar novas propostas de oferta e venda. No caso de um comprador/ vendedor, não conseguir ser despacho no mercado diário, pode ainda utilizar o mercado intradiário para conseguir adquirir/vender a energia pretendida. Atualmente, este tipo de mercado está dividido em 6 sessões [19].

Para participar neste mercado, é necessário: ser um agente habilitado no mesmo, para apresentar propostas de oferta e venda, ter participado na sessão do mercado diário sobre a

qual esta a ser aberta a sessão de mercado intradiário ou ter realizado contratos bilaterais Físicos [19].

Mesmo neste mercado, as propostas de oferta e venda podem ser simples ou complexas, sendo que as complexas podem incluir condições como:

- Diferença máxima entre a energia de uma hora e a energia da hora seguinte da unidade de produção;
- Pagamentos máximos e rendimentos mínimos;
- Aceitação completa no resultado do primeiro lance da oferta de compra;
- Aceitação completa em cada hora no resultado do primeiro lance da oferta de compra;
- Condição de número mínimo de horas consecutivas de aceitação parcial ou completa do primeiro lance da oferta de compra;
- Energia máxima [19].

4. METODOLOGIA

4.1. METODOLOGIA IMPLEMENTADA

No presente capítulo, será descrita a metodologia implementada na aquisição e tratamento de dados. Foi analisada a influência que as energias renováveis têm na formação do preço do mercado. Para tal, foram adotadas algumas técnicas para tratamento de dados, nomeadamente a escolha de dois anos distintos. Foram selecionados os anos de 2017 e 2018, por serem os anos com os dados mais recentes. Os dados meteorológicos estudados foram as principais fontes de produção de energia elétrica renovável, ou seja, vento, radiação solar, temperatura e pluviosidade.

Foram adquiridos os dados meteorológicos para Portugal e Espanha, para os referidos anos. Em Portugal, foram adquiridos os dados de 9 estações meteorológicas diferentes dispersas por todo o país, descritas na Tabela 1. Os dados foram retirados do *site* do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos.

Tabela 1 - Estações meteorológicas analisadas, em Portugal

Nome	Código	Nome	Código
Rio Torto	04N/01C	Barragem de Magos	20E/01C
Folgares	06N/01C	Vidigal	30F/05C
Barragem de Castelo Burgães	08G/01C	Grândola	24F/01C
Cela	16C/01C	Viana do Alentejo	24I/01C
Abrantes	17H/01C		

Conforme ilustrado na Figura 5, as estações citadas foram selecionadas devido à quantidade de dados disponíveis e em função da sua localização territorial.

As estações de medição meteorológicas estão ordenadas de norte para sul de acordo com a ordem apresentada na Tabela 1.

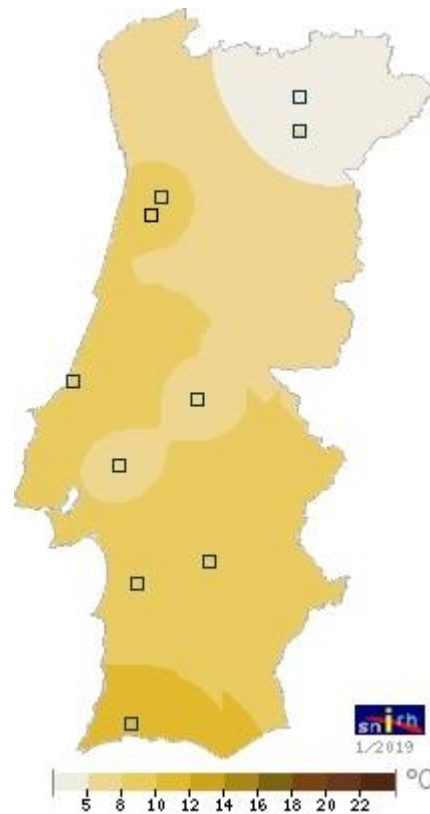


Figura 5 - Mapa territorial das estações meteorológicas [20]

Em Espanha, foram adquiridos os dados de 52 estações meteorológicas diferentes, apresentadas no Anexo I.

Por razões de disponibilidade, foram obtidos a totalidade dos dados para os dois anos, diários, no caso português, e mensal, no caso espanhol. Após a obtenção, estes foram tratados e realizada a média mensal:

Após o tratamento dos dados, foi efetuada a sua análise com o objetivo de escolher 4 meses por ano, um em cada estação do ano, de forma a levarmos em consideração o impacto das condições meteorológicas anuais. Em suma, escolheram-se dois anos para termos uma forma de comparação, 4 meses por ano, um em cada estação do ano, para podermos ter uma uniformidade de valores, devido às condições meteorológicas específicas de cada estação.

Feita a escolha dos meses, foram realizadas as aquisições dos dados meteorológicos horários, para Portugal, e diários, para Espanha. Posteriormente, foi calculada a média dos valores obtidos para cada estação, e obtidos os respetivos valores médios para todo o território dos concernentes países. Estes dados, são referentes aos meses escolhidos dos dois anos em estudo.

Finalizada a análise das condições meteorológicas, foram adquiridos os preços de energia elétrica referentes aos meses em questão.

Foram ainda adquiridos os dados de produção e consumo de energia elétrica mensal, para os meses selecionados, de Portugal e Espanha. Foram igualmente adquiridos os dados de potência contratada para meio de comparação com os reais dados de consumo.

Feita a aquisição global de dados, foi realizada a comparação de dados entre os meses da mesma estação do ano, mas de anos diferentes, no que diz respeito a produção de energia elétrica. Realizou-se ainda, uma análise à influência da produção renovável, no consumo dos meses selecionados.

Foram analisados os dados gerais de meteorologia, para uma melhor análise na influência da meteorologia na produção de energia renovável e consequente, influência nos preços da energia elétrica tendo por base o custo médio de produção de cada unidade de energia.

Para a análise da influência da energia renovável no preço do mercado, foram aplicadas algumas fórmulas. Primeiramente, foram adquiridos os custos finais de produção de uma unidade de energia, para a produção eólica, solar e hídrica, sendo estas as energias essenciais em estudo, estes valores foram comensurados tendo em conta vários estudos de custos globais nivelados.

Adquirido o valor de produção unitária de cada tipo de energia renovável, foi aplicada a seguinte metodologia para verificar a influência da produção renovável no preço da energia.

$$\frac{(Prm \times Ppx)}{(Pm \times Tpx)} = Ix \% (=) \frac{Ptx}{Ctm} = Ix \%$$

Nesta expressão,

Tpx - Total de consumo de energia por mês;

Pm - Preço médio da energia por mês;

Ppx - Preço de produção de uma unidade de energia renovável *x*;

Prm - Total de produção de energia renovável por mês;

Ptx - Preço total de produção renovável da energia *x*;

Ctm - Custo da venda de energia total por mês;

Ix - Influência da energia renovável *x* no preço.

4.2. AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS GLOBAIS

Os dados metrológicos foram obtidos do *site* do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos [20], no caso português, e do AEMET (Agência Estatal de Meteorologia) [20], no caso espanhol. Foram recolhidos os dados em função das estações disponíveis, da dispersão territorial das mesmas e dos dados disponíveis para os anos em estudo.

Na Tabela 2, estão dispostos os dados adquiridos em função dos países e tendo em vista a análise da influência na produção de energias renováveis.

Tabela 2 – Dados meteorológicos adquiridos para Portugal e Espanha

Portugal	Espanha
Precipitação horária (mm/h)	Precipitação média mensal (mm)
Radiação horária (W/m ²)	Radiação média mensal(W/m ²)
Velocidade do vento horária (m/s)	Velocidade do vento média mensal (km/h)
Temperatura do ar horária (°C)	Temperatura do ar média mensal (°C)
	Média mensal de horas de sol (horas)

Conforme ilustrado na Tabela 3, foi realizada a aquisição de dados para cada estação meteorológica, em Portugal, e realizada uma média em cada uma, em função dos dados adquiridos.

Tabela 3 - Excerto da aquisição de dados para radiação Média diária, para uma estação Portuguesa

Barragem de Castelo de Burgães (08G/01C)		Média mensal	
Data	Radiação Média Diária (W/m2)		
01/01/2017	1650		Média
02/01/2017	1522	2017	3622,101928
03/01/2017	575	jan	1510,966667
04/01/2017	2096	fev	1988,214286
05/01/2017	949	mar	2803,741935
06/01/2017	1434	abr	4918,133333
07/01/2017	1743	mai	4792,354839
08/01/2017	1769	jun	5786,586207
09/01/2017	1753	jul	5710,548387
10/01/2017	1728	ago	5432,483871
11/01/2017	1032	set	4262,566667
12/01/2017	1661	out	2971,806452
13/01/2017	658	nov	1949,833333
14/01/2017	1731	dez	1259,935484
15/01/2017	1857	2018	3078,239554
16/01/2017	1892	jan	1340,806452
17/01/2017	1846	fev	2087,428571
18/01/2017	1817	mar	2222,548387
19/01/2017	1997	abr	3361,533333
20/01/2017	1962	mai	4500
21/01/2017	1565	jun	4086,2
22/01/2017	1906	jul	4545,580645
23/01/2017	1752	ago	5262,896552
24/01/2017	1977	set	4113,966667
25/01/2017	1963	out	2782,870968
26/01/2017	1979	nov	1289,833333
27/01/2017	435	dez	1160,148148
28/01/2017	884	Total Geral	3351,677285
29/01/2017	1686		
30/01/2017	372		
31/01/2017	788		

Feita a aquisição de dados em Portugal, foi realizada a aquisição de dados para Espanha, para cada estação, mensalmente e para os dois anos, conforme ilustrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Excerto da aquisição de dados globais, para uma estação Espanhola

Madrid 3129 - Madrid Aeropuerto	Número de horas de sol (horas)	Precipitação (mm)	Velocidade do vento (km/h)	Temperatura do ar (°C)	Radiação Solar (W/m2)
2017/1	5,7	17,5	10	4,9	2688
2017/2	4,7	42,7	13	8,3	2929,4
2017/3	7	19,2	13	10,9	5239
2017/4	10,2	16,4	11	14,5	7178,8
2017/5	9,4	22,1	12	19,2	7688,1
2017/6	11	7,6	13	25,7	8680,6
2017/7	12	71,9	13	25,7	0
2017/8	10,7	26,8	11	25,7	7895,1
2017/9	6,7	0	11	20,4	6145,2
2017/10	8,8	19,9	8	17,6	4657,8
2017/11	7,1	5,9	9	9,5	3054,2
2017/12	5,3	19,1	12	6,2	2252,6
TOTAL	8	22	11	16	4867,4
2018/1	5,5	46,6	10	6,6	2535,7
2018/2	5,7	65,1	14	5,7	3038,6
2018/3	5,3	139	19	9,2	4357,7
2018/4	6,7	62,5	15	12,8	5543,1
2018/5	8,1	53,1	10	16,6	7107,5
2018/6	9,8	34,8	12	21,8	7509,2
2018/7	12,5	0	12	24,9	9269,5
2018/8	11,4	1,1	10	26,8	7717,1
2018/9	9,6	4,8	8	23,5	6000,5
2018/10	6,4	74,1	10	15,2	4026,8
2018/11	4	76,8	11	10,2	2326,7
2018/12	5	9	7	6,8	1878,7
TOTAL	7,5	47,2	11,5	15,0	5109,3

Adquiridos a totalidade de dados das 9 estações portuguesas, para os 4 parâmetros em estudo, e das 52 estações espanholas, para os 5 parâmetros em estudo, foi realizada uma média para cada mês, levando em linha de conta os dados adquiridos em cada estação.

Os dados globais espanhóis estão expressos nos Gráfico 1, Gráfico 2, Gráfico 3 e Gráfico 4.

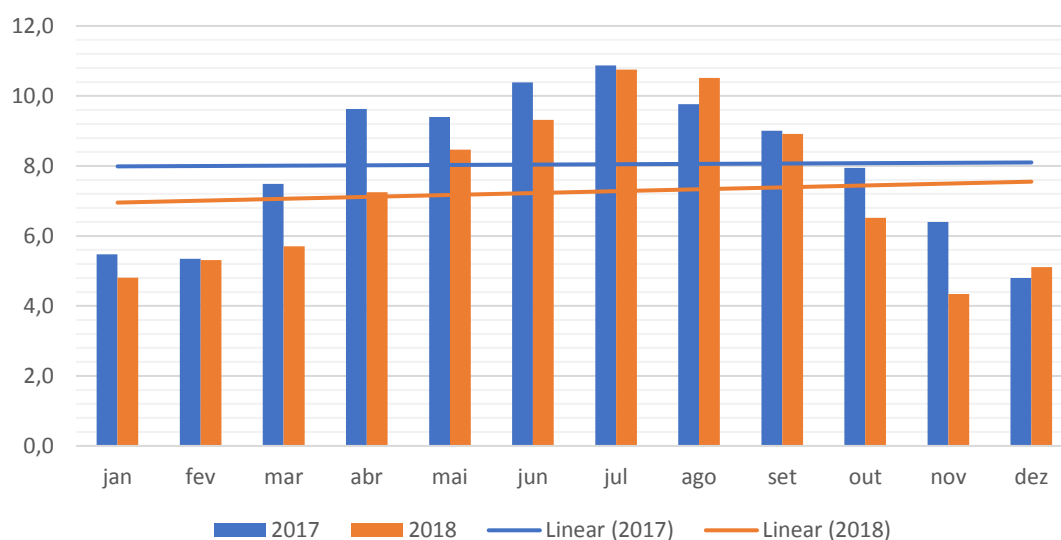


Gráfico 1 – Média mensal de horas de sol mensal (horas), em Espanha

A média de horas de sol mensais, expressa no Gráfico 1, relewa que, 2017 teve uma média de horas de sol maior, onde apenas os meses de agosto e dezembro de 2018 obtiveram valores maiores que os meses homólogos de 2017. Nos meses da primavera, abril, maio e junho, 2017 teve uma média de horas de sol diária, consideravelmente maior.

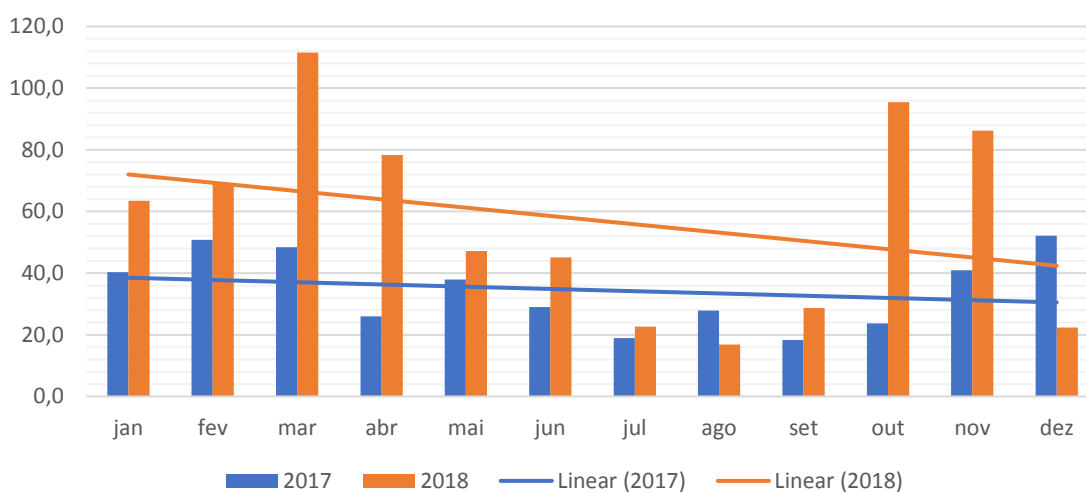


Gráfico 2 – Precipitação média mensal (mm), em Espanha

No Gráfico 2, é possível verificar a precipitação média mensal. O ano de 2018 teve índices consideravelmente maiores que 2017. O mês de março de 2018, obteve valores de mais do dobro, comparativamente ao mesmo mês do ano de 2017. O mês de outubro de 2018, obteve valores três vezes superiores, relativamente ao mesmo mês do ano de 2017. Novembro de 2018 obteve uma média de precipitação duas vezes maior que mês homólogo de 2017, e abril de 2018 obteve valores, cerca 3 vezes maiores, que o mês análogo, do ano transato.

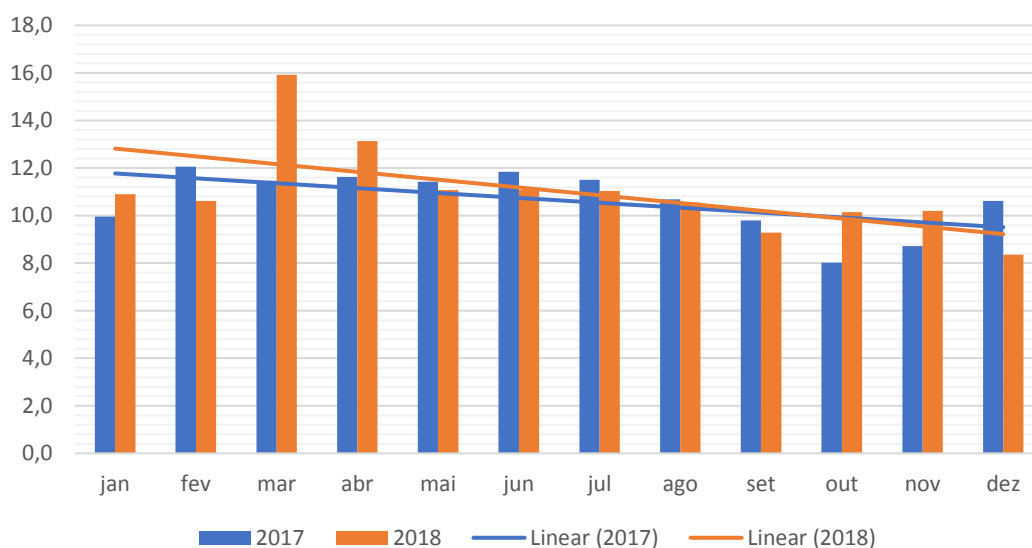


Gráfico 3 – Velocidade do vento média mensal (km/h), em Espanha

A média mensal da velocidade do vento, expressa no Gráfico 3, permite concluir que os dois anos possuem elevados índices. O ano de 2018 obteve índices maiores, nomeadamente nos meses de março, abril, outubro e novembro. Sendo que entre restantes meses, os valores foram idênticos.

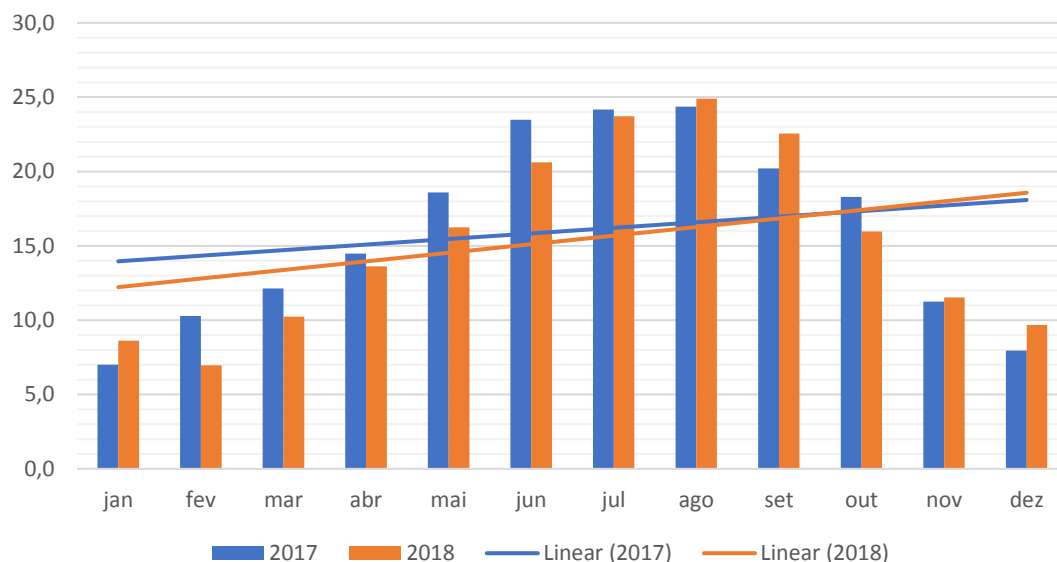


Gráfico 4 – Temperatura do ar média mensal (°C), em Espanha

No Gráfico 4, está expressa a temperatura do ar média mensal. Em geral, 2017 foi um ano mais quente, onde deteve uma primeira metade do ano, mais quente que 2018, contudo, no final de segunda na metade do ano, 2018 obteve valores ligeiramente maiores.

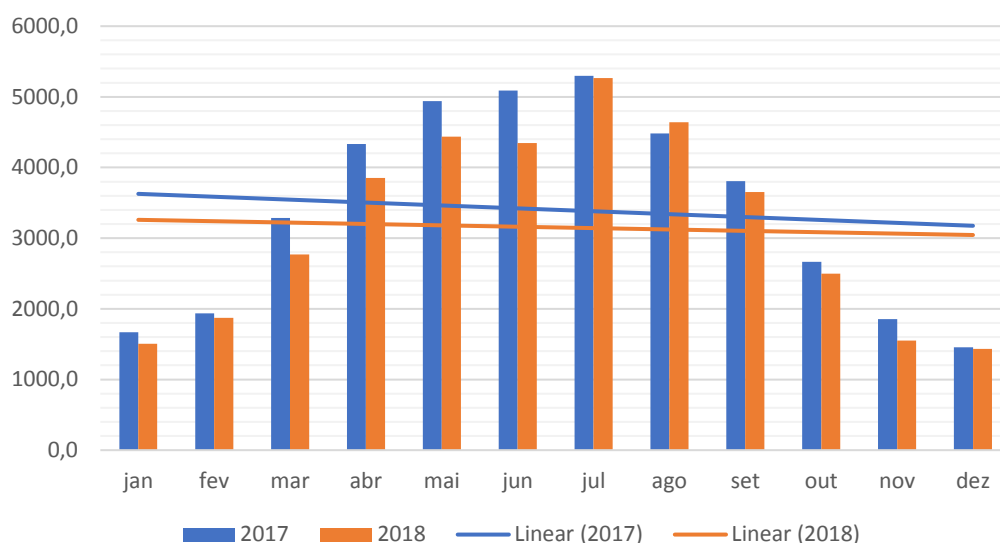


Gráfico 5 – Radiação global mensal (W.m2), em Espanha

A radiação global mensal, expressa no Gráfico 5, permite reter que 2017 obteve maiores valores de radiação solar, à exceção do mês de agosto, onde em 2018 existiram índices maiores.

Em suma, podemos verificar que 2018 foi um ano mais chuvoso, com temperaturas mais baixas, maior velocidade de vento, com menos horas de sol e menor índice de radiação solar, conforme é possível verificar no Gráfico 6.

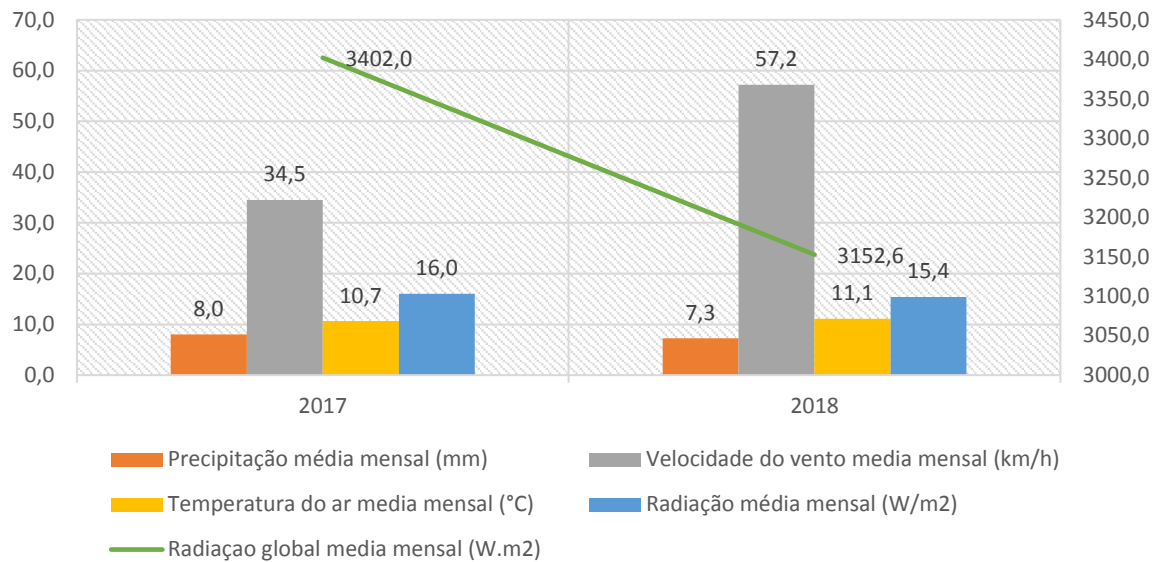


Gráfico 6 - Resumo dos dados meteorológicos de 2017 e 2018

Feita a aquisição de dados espanhola, foi realizada a aquisição de dados portuguesa, para os 4 parâmetros em estudo, conforme ilustrado nos Gráfico 7, Gráfico 8, Gráfico 9 e Gráfico 10, respetivamente.

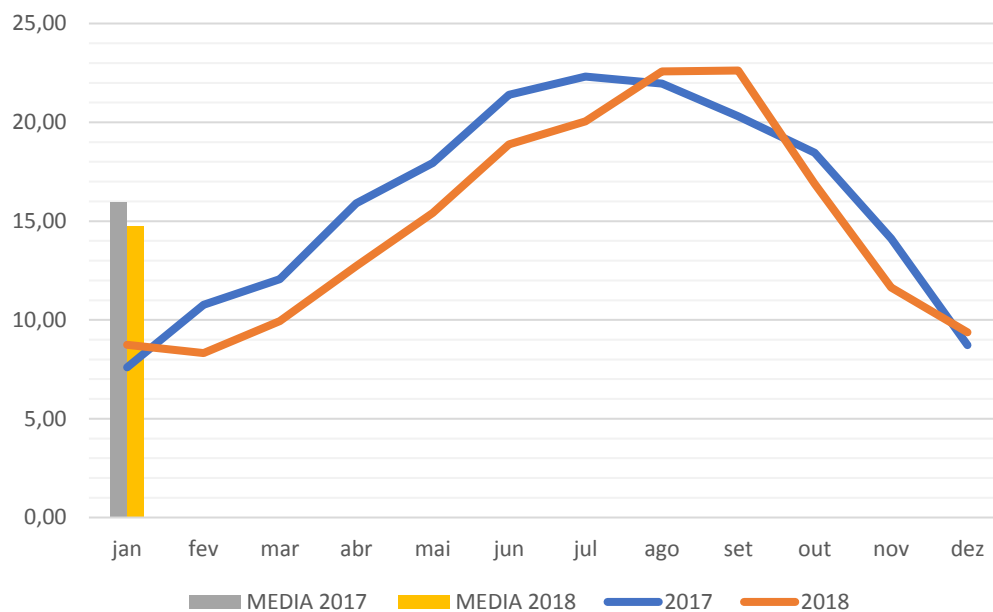


Gráfico 7 - Temperatura média do ar (°C), em Portugal

No Gráfico 7, é possível verificar a temperatura do ar média mensal, com a utilização de dados diários. Verifica-se que 2017 foi um ano mais quente, como aconteceu em Espanha, e que janeiro, agosto, setembro e dezembro de 2018, obtiveram maiores valores que os meses análogos de 2017. Sendo estes, acontecimentos idênticos aos verificados em Espanha.

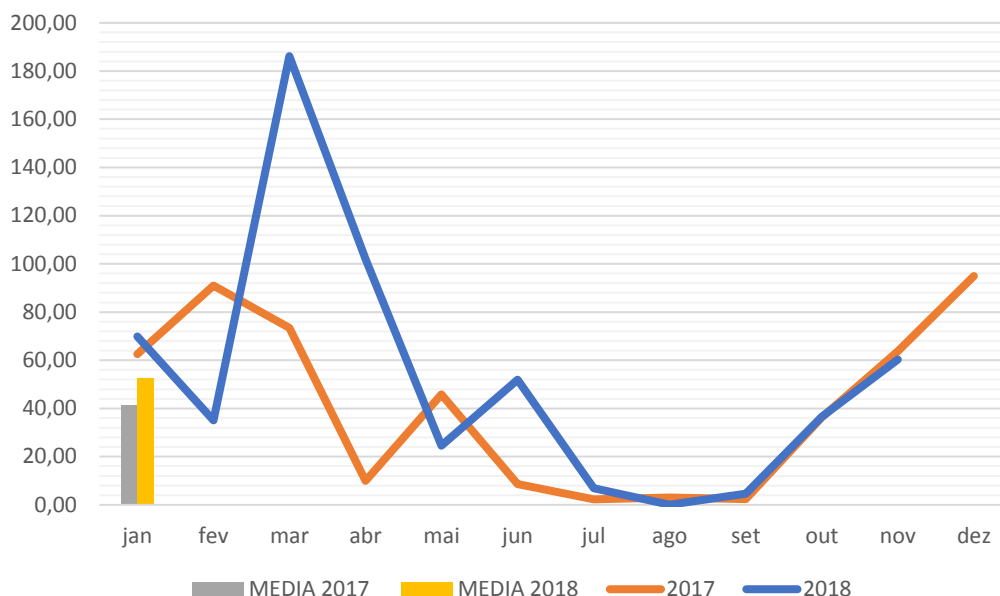


Gráfico 8 - Precipitação média mensal (mm), em Portugal

Na análise do Gráfico 8, é possível observar a precipitação média mensal, usando dados diários. O ano de 2018, foi um ano mais chuvoso, com o primeiro semestre a obter dados consideravelmente maiores que o mesmo período de 2017. No segundo semestre, os dados foram idênticos, sem grandes variações.

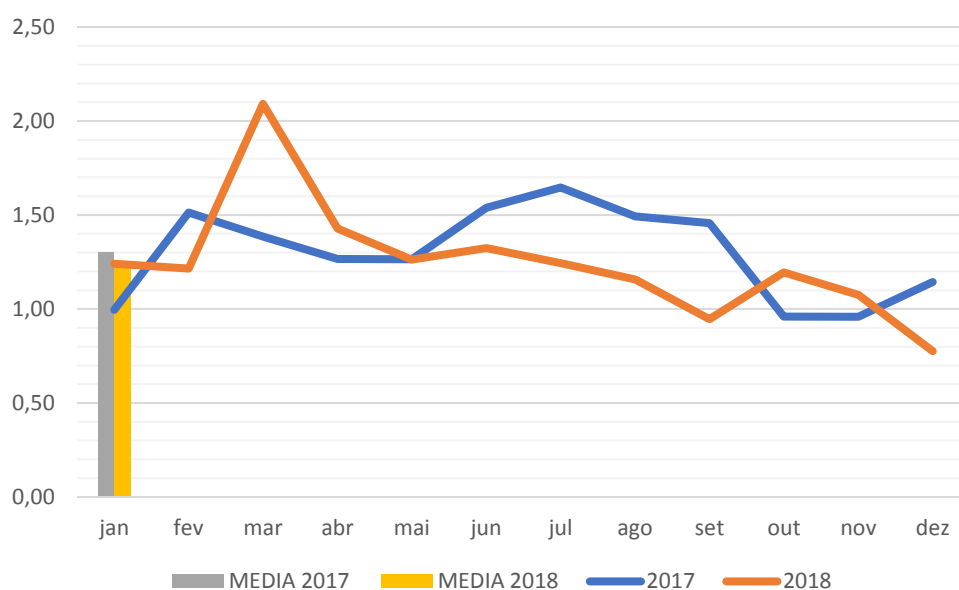


Gráfico 9 - Velocidade do vento média mensal (Km/h), Em Portugal

Observando o Gráfico 9, é possível analisar os dados da média mensal de velocidade do vento. Onde o ano de 2017 obteve maiores valores que 2018, contudo o mês de março de 2017 alcançou dados bem maiores que o seu análogo. Estas informações são semelhantes aos dados espanhóis.

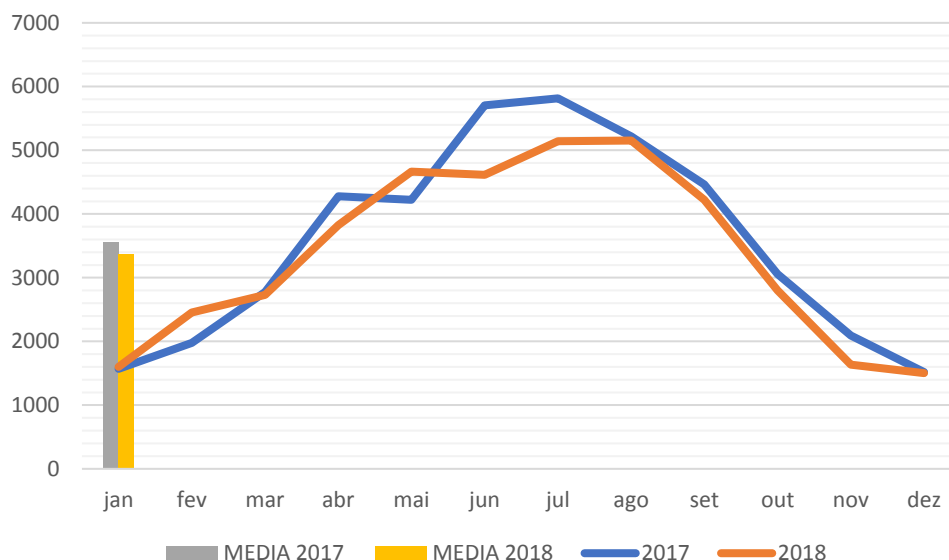


Gráfico 10 - Radiação média diária (W/m2), em Portugal

No Gráfico 10, é possível verificar os dados de radiação média mensal, utilizando dados diários. Os valores foram praticamente idênticos, entre os anos, contudo 2017 obteve maiores índices de radiação. Os meses de junho e julho de 2017, alcançaram os dados com maiores discrepâncias.

Como é possível verificar nos Gráfico 7, Gráfico 8, Gráfico 9 e Gráfico 10, o ano de 2018, em Portugal, foi um ano mais chuvoso, com velocidade de vento reduzida, temperaturas mais baixas e menor radiação solar, comparativamente a 2017.

Foi ainda possível apurar, o comportamento das estações meteorológicas portuguesas, para cada ano, em cada parâmetro estudado, conforme ilustrado no Anexo II.

4.3. ESCOLHA DE MESES

Depois de Estruturado o tratamento de dados globais para os anos escolhidos, foi realizada uma escolha de 4 meses para cada ano, 1 mês em cada estação do ano. Esta escolha foi realizada com base nos meses com maior número de índices, em cada estação do ano, para ambos os países, simultaneamente, dentro dos parâmetros estudados.

Tendo por base as 4 estações do ano (inverno, primavera, verão e outono), e que estas estão distribuídas pelos meses de janeiro, fevereiro e março, no inverno, abril, maio e junho, na primavera, julho, agosto e setembro, no verão e outubro, novembro e dezembro no Outono, foram selecionados 4 meses, um em cada estação. Os meses foram escolhidos simultaneamente entre 2017 e 2018, e Portugal e Espanha para uma melhor base de comparação. A escolha foi realizada levando em linha de conta os meses com índices mais

elevados, dentro dos parâmetros escolhidos, para que possa ser notada uma maior influência na produção de energia renovável.

A escolha dos Meses em Portugal pode ser verificada na Tabela 5 e Tabela 6.

Tabela 5 - Escolha dos meses em 2017, em Portugal

	2017			
	Temperatura	Precipitação	Velocidade do vento	Radiação
01/01/2017	7,60	62,55	1,00	1569
01/02/2017	10,77	91,04	1,51	1976
01/03/2017	12,06	73,43	1,38	2774
01/04/2017	15,90	9,90	1,27	4280
01/05/2017	17,94	45,88	1,26	4224
01/06/2017	21,40	8,56	1,54	5705
01/07/2017	22,32	2,29	1,65	5815
01/08/2017	21,97	3,07	1,49	5217
01/09/2017	20,30	2,40	1,46	4464
01/10/2017	18,47	36,20	0,96	3056
01/11/2017	14,12	63,76	0,96	2091
01/12/2017	8,72	94,94	1,14	1519

Tabela 6 - Escolha dos meses em 2018, em Portugal

	2018				
	Temperatura	Precipitação	Velocidade do vento	Radiação	
01/01/2018	8,73	69,91	1,24	1598	Inverno
01/02/2018	8,32	35,04	1,22	2455	
01/03/2018	9,94	186,20	2,09	2729	
01/04/2018	12,72	101,95	1,43	3826	Primavera
01/05/2018	15,41	24,53	1,26	4665	
01/06/2018	18,88	51,91	1,32	4613	
01/07/2018	20,04	6,93	1,24	5142	Verão
01/08/2018	22,58	0,05	1,16	5153	
01/09/2018	22,62	4,58	0,95	4220	
01/10/2018	16,89	36,58	1,20	2802	Outono
01/11/2018	11,64	60,33	1,08	1636	
01/12/2018	9,38	0,00	0,78	1502	

Na Tabela 5 e Tabela 6 são apresentados os meses escolhidos, selecionados em função do maior índice de valores, com a análise a ser realizada em 2017 e 2018, simultaneamente.

Perante estes critérios foram selecionados os meses de março, no inverno, junho, na primavera, julho, no verão, e outubro, no outono, para o lado Português, contudo a análise foi conjunta com os dados espanhóis, e por isso realizada simultaneamente.

No lado espanhol foi realizada a mesma análise, sendo que esta foi realizada simultaneamente com os dados portugueses.

Esta análise pode ser verificada no Anexo III, para 2017 e Anexo IV, para 2018.

A escolha realizada foi conjunta, entre os dados espanhóis e os dados portugueses. Esta foi concretizada utilizando os meses, 1 em cada estação do ano, que possuíam o maior número de índices meteorológicos, em Portugal e Espanha, conjuntamente.

Resumindo, os meses escolhidos foram, março, junho, julho e outubro, para os anos de 2017 e 2018. Feita a escolha dos meses, foram adquiridos dados mais específicos, nomeadamente horários, no caso português, e diários no caso espanhol, estes dados foram retirados das mesmas estações meteorológicas acima referenciadas.

4.4. AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS ESPECÍFICOS

Escolhidos os 4 meses para estudo, foram adquiridos dados mais específicos de ambos os países. Os dados adquiridos foram: dados meteorológicos, energia elétrica contratada, preços de energia elétrica e energia produzida por cada país. Os preços foram adquiridos do *site* da REN [20], na secção de resultados de mercado. A energia contratada para Portugal foi retirada do *site* da REN [20], o mesmo *site* onde foram adquiridos os dados de preços de energia. A energia contratada para Espanha foi retirada do *site* do OMIP [21]. Os dados de meteorologia portugueses, foram retirados do sistema nacional de informação de recursos hídricos [22], e os espanhóis, do AEMET [23]. Os dados das fontes de energia renovável produzida, em Portugal, foram retirados do centro de informação da REN [24], e em Espanha do *site* da REE [25].

4.4.1. METEOROLOGIA

Foram adquiridos dados meteorológicos mais específicos, para os meses em estudo. Em Espanha, foram utilizados dados diários, e em Portugal foram adquiridos dados horários. Esta diferença deve-se a disponibilidade de dados existentes.

Para melhor retiro de conclusões, sobre os dados adquiridos, foram atribuídas escalas para os critérios escolhidos. Estes critérios, no estudo dos dados mais específicos, estão expressos na Tabela 7.

Tabela 7 - Critérios definidos para os dados específicos

Portugal	Espanha
Precipitação horária (mm/h)	Precipitação diária (mm/h)
Radiação horária (W/m ²)	Número de horas de sol (h)
Temperatura do ar horária (°C)	Temperatura do ar diária (°C)
Velocidade do vento horária (m/s)	Velocidade do vento diária (m/s)

Foram atribuídas escalas para: o índice de precipitação, velocidade do vento e de radiação solar. Sendo que, para o número de horas de sol e temperatura, foram utilizadas comparações com as médias de cada ano e com a média histórica, de cada país.

A escala utilizada para o nível de precipitação, foi retirada do IPMA, e está expressa na Tabela 8.

Tabela 8 - Escala de Precipitação [31]

Nível de Precipitação	Índice de Precipitação
Fraca	<0,5mm/h
Moderada	0,5 mm/h e 4mm/h
Forte	>4 mm/h

No índice de velocidade do vento, a escala utilizada foi retirada do IPMA, e pode ser verificada na Tabela 9.

Tabela 9 - Escala de velocidade de vento [30]

Nível de Velocidade do Vento	Índice de Velocidade de Vento
Vento fraco	<4,16667 m/s ou <15 km/h
Vento moderado	4,17 a 9,73 m/s ou 15 a 35 km/h
Vento forte	10,1 a 15,29 m/s ou 36 a 55 km/h
Vento muito forte	15,57 a 20,84 m/s ou 56 a 75 km/h
Vento excep. forte	> 20,83 m/s ou > 75 km/h

A escala de radiação solar utilizada foi a escala de *Matthias Loster*, conforme ilustrada na Figura 6.

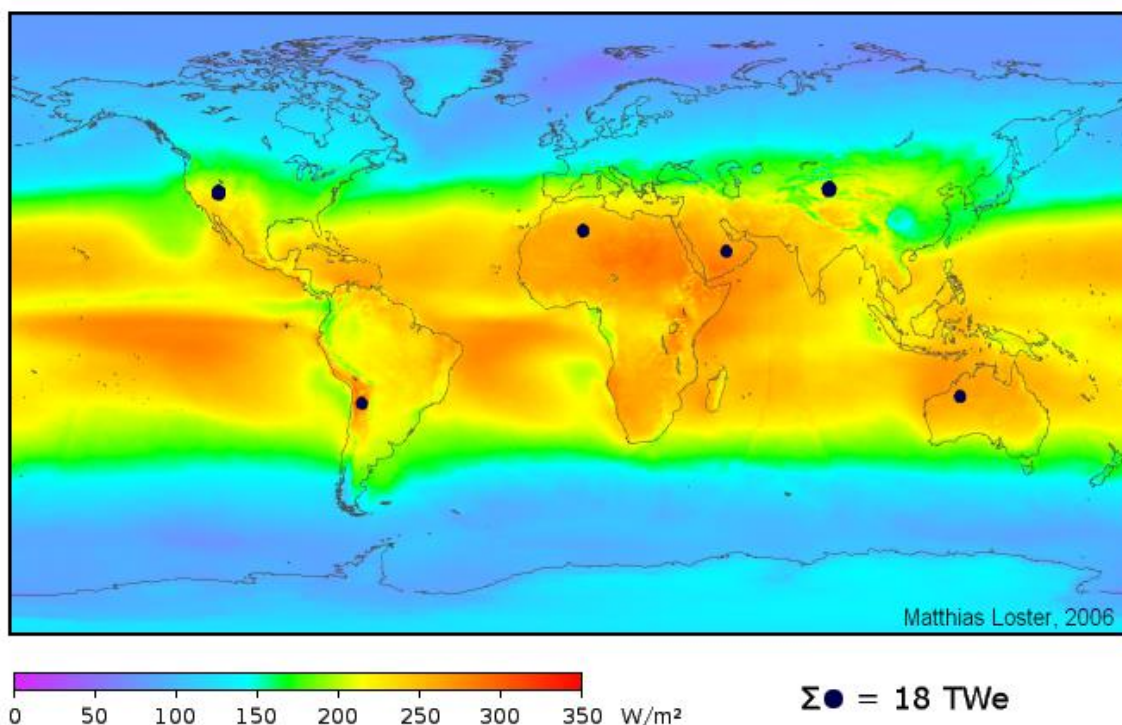


Figura 6 - Escala de radiação solar

Para os dados de temperatura e número de horas de sol, foram utilizadas as médias de 2017 e 2018, em cada país, e a média desde 1920, para cada nação. Para obter a média desde 1920, foram utilizados todos os dados globais, adquiridos na primeira fase para Espanha. No caso português, foram empregues valores médios de cada estação meteorológica estudada, adquiridos do *site* PORDATA [28]. Para analisar estes valores verificou-se os que se encontravam, acima ou abaixo, das 3 médias utilizadas. Estas, estão expressas na Tabela 10, para Portugal e Tabela 11, para Espanha.

Tabela 10 - Valores médios, em Portugal

Critérios	Média desde 1920	Média de 2017	Média de 2018
Temperatura (°C)	15,01	15,93	16,87

Tabela 11 - Valores médios, em Espanha

Critérios	Média desde 1920	Média de 2017	Média de 2018
Temperatura (°C)	14,91	14,94	11,167
Número de horas de sol (h)	7,12	7,14	6,29

É possível verificar que em Portugal, os anos de 2017 e 2018, foram anos com temperaturas acima da média histórica.

Em Espanha, o ano de 2017 foi um ano com temperaturas acima da média histórica. Contudo, o ano de 2018 foi um ano com temperaturas mais baixas, que se expressam no número de horas de sol. Em 2017, temos mais horas de sol, em média, e em 2018, a incidência do sol ocorre num período mais curto.

Expressos os critérios de análise dos dados adquiridos, foram tratados os dados, em função dos meses escolhidos, e realizada uma análise da influência, destes índices, na produção de energia.

No caso de Portugal, os dados de precipitação, radiação solar, temperatura e velocidade do vento podem ser resumidos nos Gráfico 11, Gráfico 12, Gráfico 13 e Gráfico 14, respetivamente.

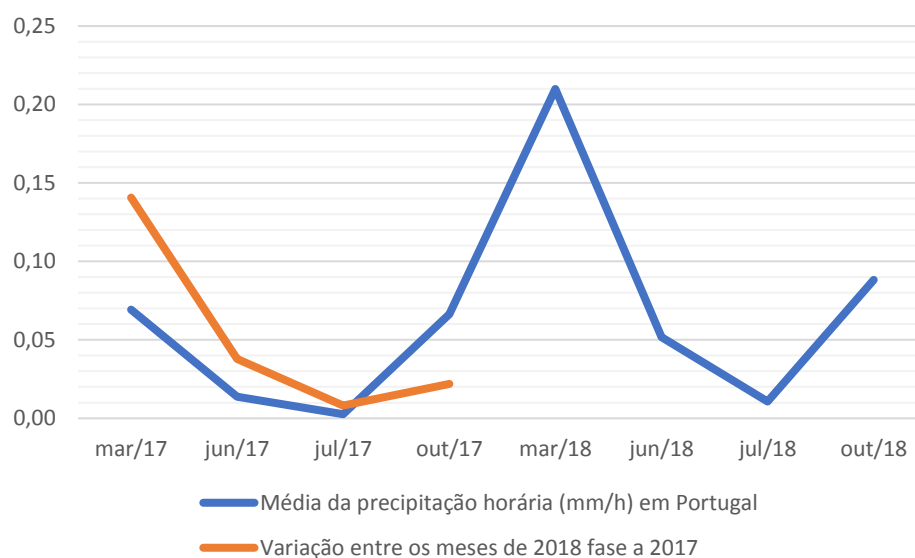


Gráfico 11 - Média da precipitação horária (mm/h), em Portugal

No Gráfico 11, é possível verificar a média da precipitação horária, em Portugal, para os meses escolhidos. Em analogia com os dados globais, 2018 obteve maiores índices de precipitação. Março foi o mês com maior discrepância, onde em 2018 obteve o maior registo de precipitação, dentro dos valores analisados.

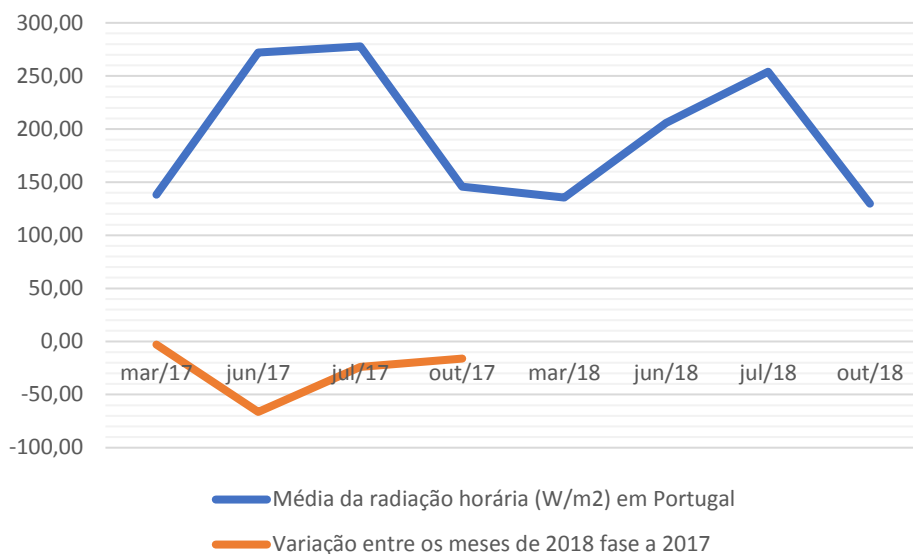


Gráfico 12 - Média da radiação horária (W/m2), em Portugal

A média da radiação horária, para os meses escolhidos, expressa no Gráfico 12, permite concluir que 2017 obteve índices maiores relativamente a 2018. No mês de março, as diferenças são mínimas, entre 2017 e 2018, contrapondo com junho, com diferenças mais notórias.

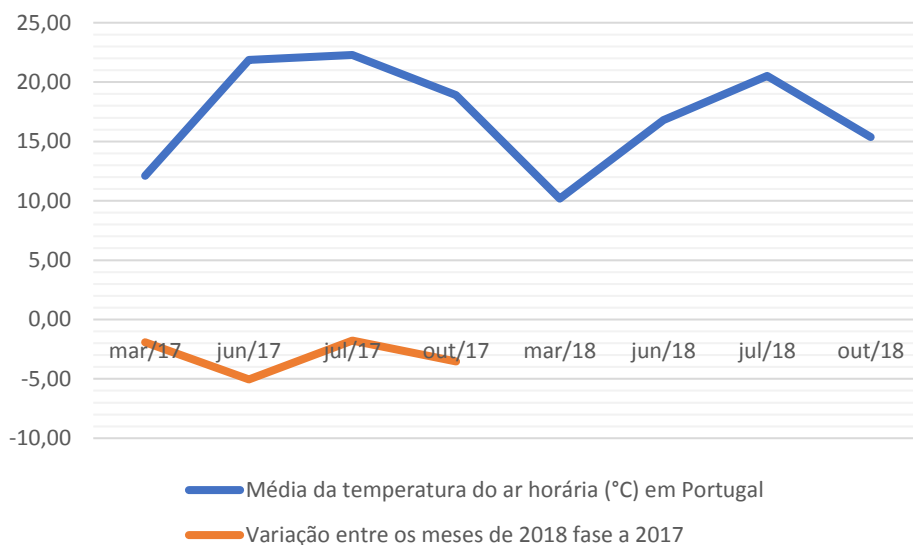


Gráfico 13 - Média da temperatura do ar horária (°C), em Portugal

No Gráfico 13, estão presentes os dados, médios mensais, da temperatura do ar, com base horária. O ano de 2017, obteve maiores índices de temperatura, relativamente a 2018. O mês de março, obteve as maiores diferenças, entre os anos de 2017 e 2018. Contrariamente, o mês de junho, obteve a maior diferença de temperatura, dentro dos meses estudados.

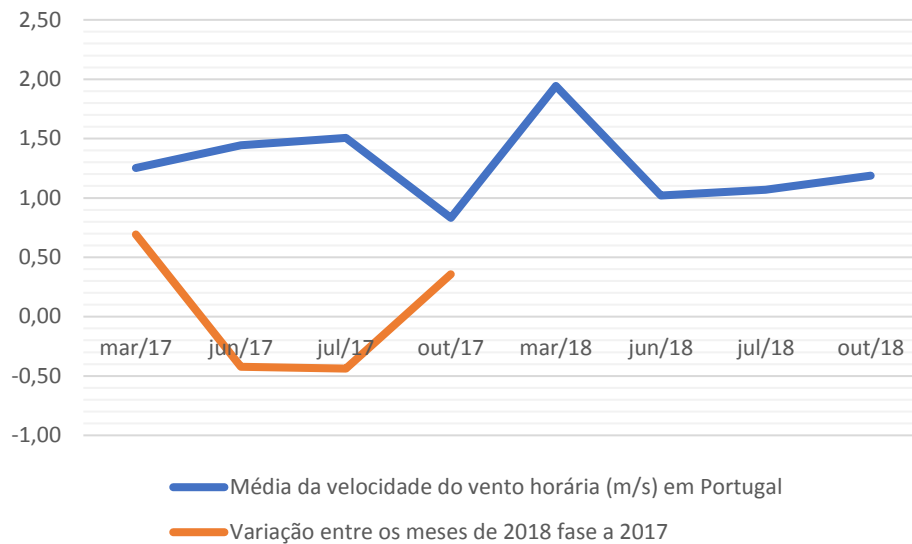


Gráfico 14 - Média da velocidade do vento horária (m/s), em Portugal

Os dados médios mensais, da velocidade do vento, com base horária, expressos no Gráfico 14, permitem observar diferenças mais notórias, relativamente aos índices acima analisados. Os meses de junho e julho de 2017, obtiveram índices maiores que 2018. Porém, os meses de outubro e março de 2018, obtiveram diferenças maiores, fase aos meses homólogos de 2017. Isto permitiu que 2018 fosse um ano mais ventoso, para os meses estudados. Contudo, dentro dos dados globais, o ano de 2017 obteve maiores índices de vento.

Com a aquisição dos dados mais específicos, é possível confirmar as conclusões retiradas dos dados globais. O ano de 2018 foi um ano mais chuvoso, com maiores índices de precipitação, nos meses em estudo. Em contrapartida, foi um ano com temperaturas mais baixas e, conseqüentemente, com menores índices de incidência da radiação solar. A velocidade do vento, nos meses mais chuvosos, março e outubro, foi superior, em comparação com os meses de junho e julho.

No caso de Espanha, os dados de precipitação, número de horas de sol, temperatura e velocidade do vento e podem ser resumidos nos Gráfico 15, Gráfico 16, Gráfico 17 e Gráfico 18, respetivamente.

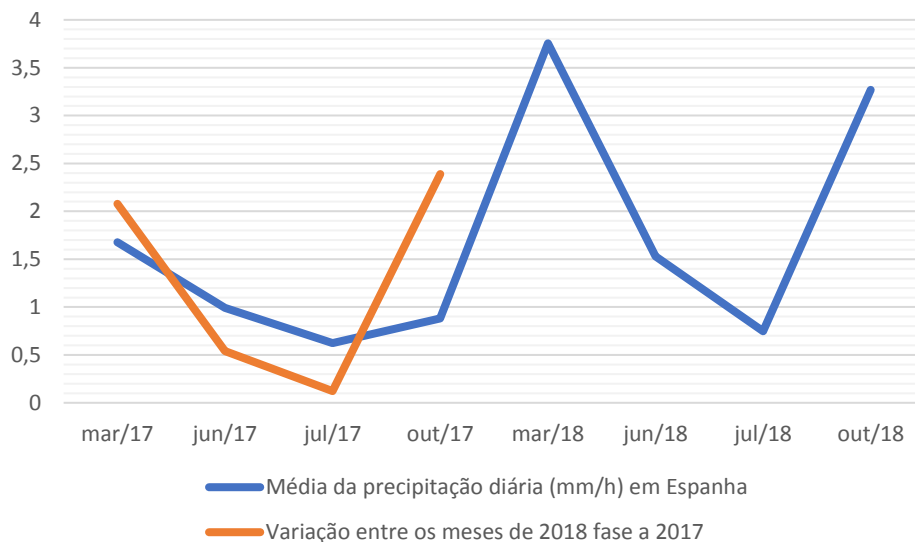


Gráfico 15 - Média da precipitação diária (mm/h), em Espanha

No Gráfico 15, estão expressos os dados médios mensais, de precipitação diária em Espanha. É possível confirmar, que 2018 foi um ano mais chuvoso, fase a 2017, comparativamente com os dados de Portugal. E que os meses de março e outubro de 2018, são os meses com maiores diferenças de valores de precipitação, fase aos meses homólogos de 2017.

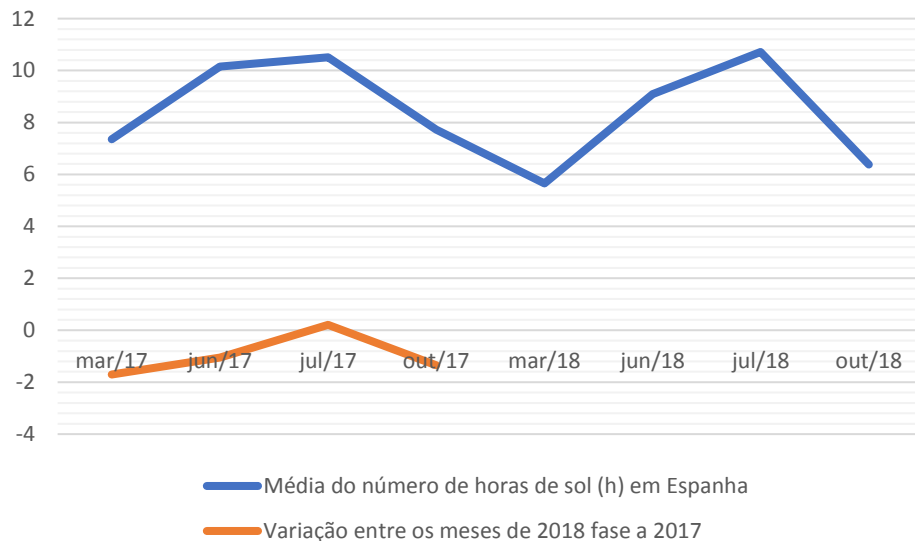


Gráfico 16 - Média do número de horas de sol (h), em Espanha

Os dados médios mensais, de número de horas de sol diárias, presentes no Gráfico 16, confirmam que 2017 foi um ano com maior número de horas de sol. Contudo, o mês de julho de 2018, obteve valores mais elevados, fase ao mês homólogo de 2017.

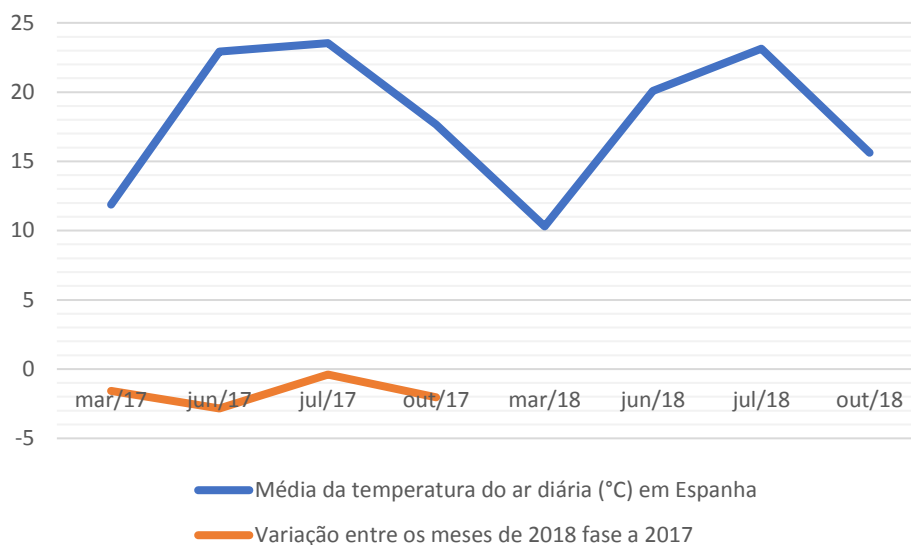


Gráfico 17 - Média da temperatura do ar diária (°C), em Espanha

No Gráfico 17, é possível verificar a média mensal, de temperatura do ar, com base diária. O ano de 2017, obteve temperaturas mais elevadas, com o mês de julho a obter as diferenças menores. Em contrapartida, o mês de junho que obteve as diferenças maiores. O mês de março de 2018, teve as temperaturas mais baixas, cerca de 10°, e o mês de julho de 2017, obteve as temperaturas mais elevadas, cerca de 23°.

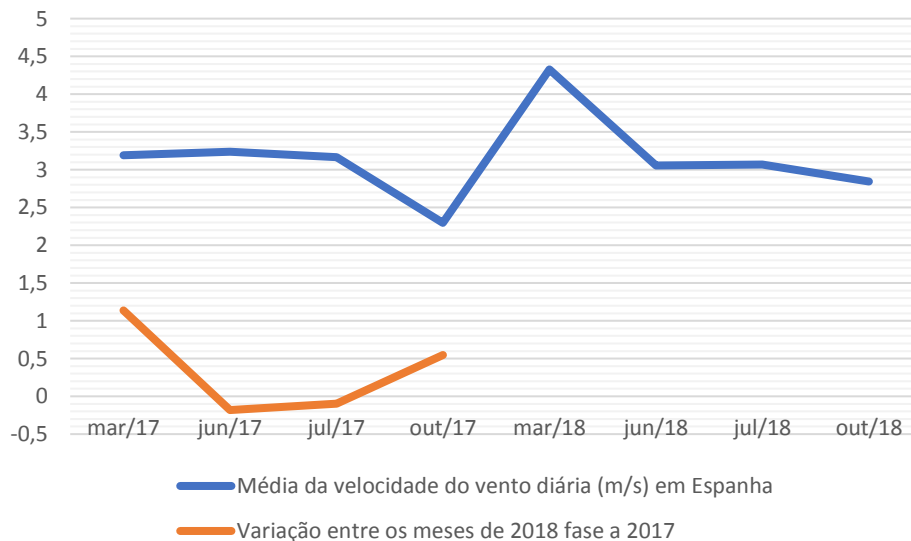


Gráfico 18 - Média da velocidade do vento diária (m/s), em Espanha

A média mensal, da velocidade do vento, com base diária, está representada no Gráfico 18. Em geral, obteve-se índices idênticos ao caso português, ou seja, os meses de março e outubro de 2018, com valores superiores aos análogos de 2017. E os meses de junho e julho de 2017, com valores superiores aos homólogos de 2018. Em geral, o caso é idêntico

ao português. Visto que, 2017 foi mais ventoso, para os meses em estudo, mas em geral, 2018 foi um ano com maior média de velocidade de vento.

Com a análise dos dados específicos para o caso espanhol, pode-se confirmar, por comparação com os dados globais, que os meses estudados em 2018 apresentam maiores valores de precipitação, menos horas de sol e temperaturas mais baixas. Contudo, e idêntico ao português, os meses de março e outubro de 2018, foram mais ventosos. Em oposição, os meses de junho e julho, obtiveram menores valores de velocidades de vento, quando comparados com os meses homólogos de 2017.

Similarmente, realizou-se uma estatística, utilizando os dados meteorológicos específicos para os meses em estudo. A estatística tem por base as escalas acima descritas. No caso de Portugal, foram realizadas estatísticas horárias e em Espanha, estatísticas diárias, dentro dos dados que foram possíveis adquirir.

No Gráfico 19, é possível verificar a percentagem de horas por mês, onde a precipitação e velocidade de vento foram de intensidade moderada, em Portugal. Sendo que, as restantes horas, foram de intensidade fraca.

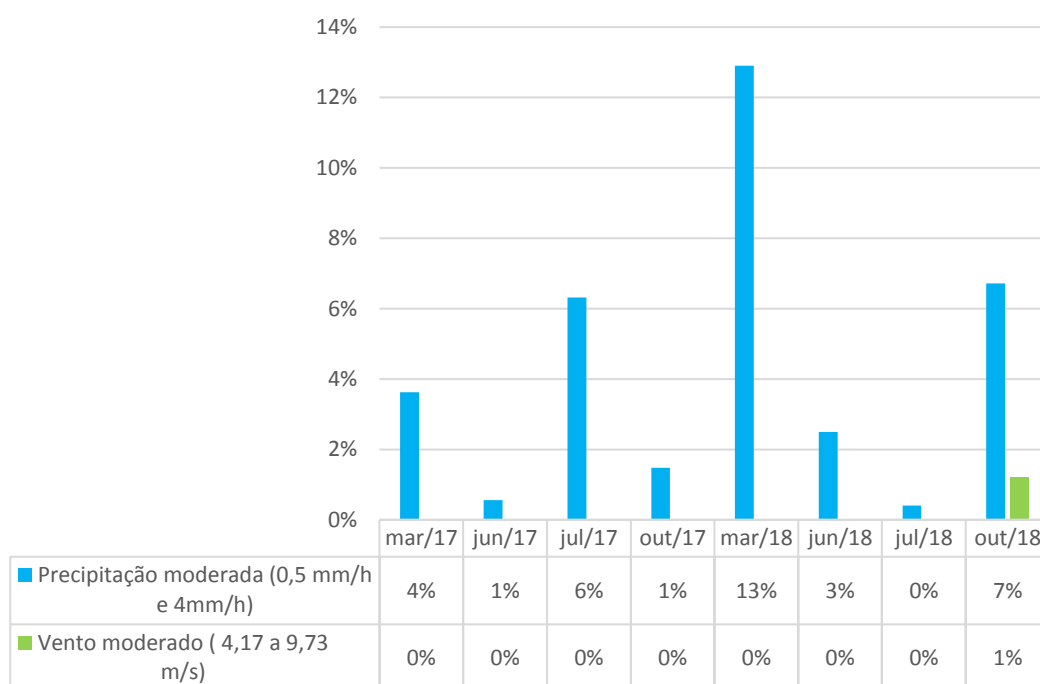


Gráfico 19 -Percentagem de horas do mês com vento e precipitação moderada, em Portugal

Pode-se verificar, que o mês de março de 2018, possui cerca de 13% das horas com intensidade de precipitação moderada, contribuindo para este ser o mês com maior média de precipitação entre meses em estudo, conforme ilustrado no Gráfico 11. É possível verificar, que julho de 2017, apesar de ser o mês menos chuvoso entre os analisados, possui cerca de

6% das horas com intensidade de precipitação moderada. A velocidade de vento, foi geralmente de intensidade fraca, contudo, o mês de outubro de 2018, obteve algumas horas com intensidade de vento moderada.

No critério de temperatura, expresso no Gráfico 20, os meses de junho e julho, obtiveram, na generalidade das horas, temperaturas acima da média nacional e histórica. Contudo, junho de 2018, foi um mês com temperaturas mais baixas, onde 49% das horas, ficaram abaixo da média anual, cerca de 15,93 °C. Em julho de 2018, a generalidade das horas noturnas, obtiveram temperaturas acima da média anual e histórica. Apenas 6% e 1% das horas, não tiveram temperaturas acima da média anual e histórica, respetivamente. Estes dados, comprovam os valores expressos no Gráfico 13.

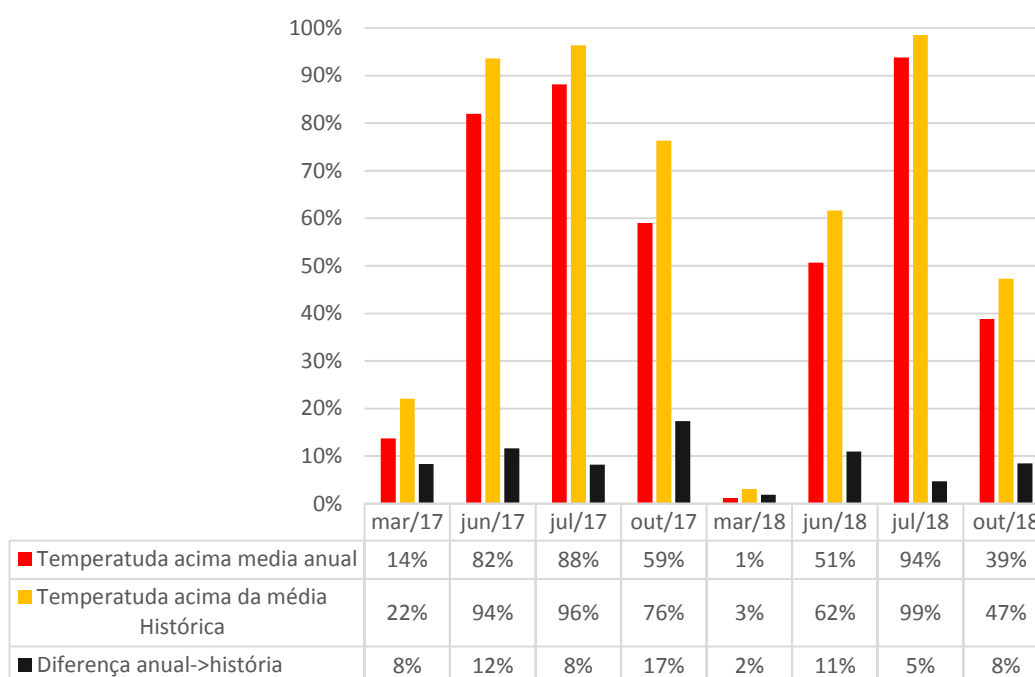


Gráfico 20 - Percentagem de horas do mês com temperaturas acima da média, em Portugal

Nos dados de radiação solar, utilizou-se a escala de *Matthias Loster* para condensação de dados, estes estão expressos no Gráfico 21. A maioria das horas foram de baixa incidência de radiação, e conforme presente no Gráfico 12, os meses de 2017 tiveram temperaturas mais altas que os meses de 2018, refletindo-se na intensidade de radiação. Esta foi mais alta nos meses de 2017, onde a intensidade de radiação ultrapassou os 350 W/m² em 36% das horas dos meses de junho e julho de 2017.

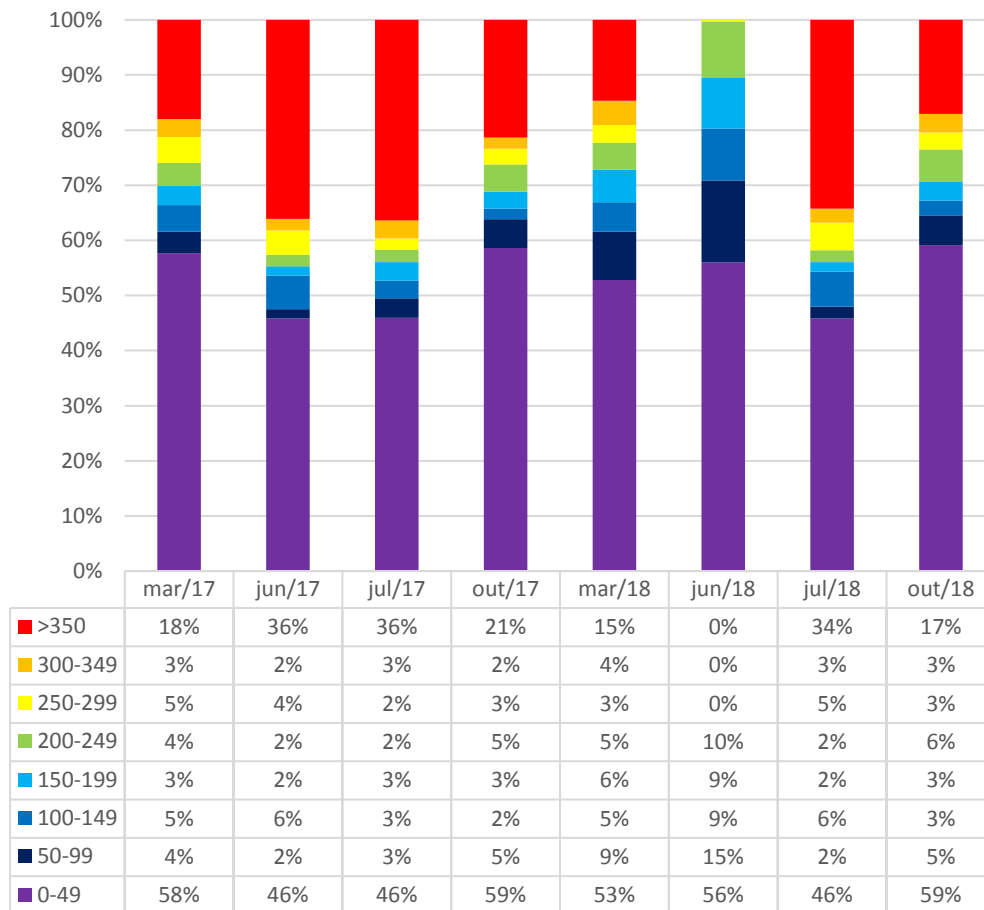


Gráfico 21 - Percentagem de horas do mês compreendidos na escala de radiação, em Portugal

As diferenças de radiação, expressas no Gráfico 22, permitem concluir que 2017 obteve maior número de horas com intensidades mais elevadas de radiação solar. Sendo que, em 2018, a maioria das horas, obteve radiações de intensidade mais baixa.

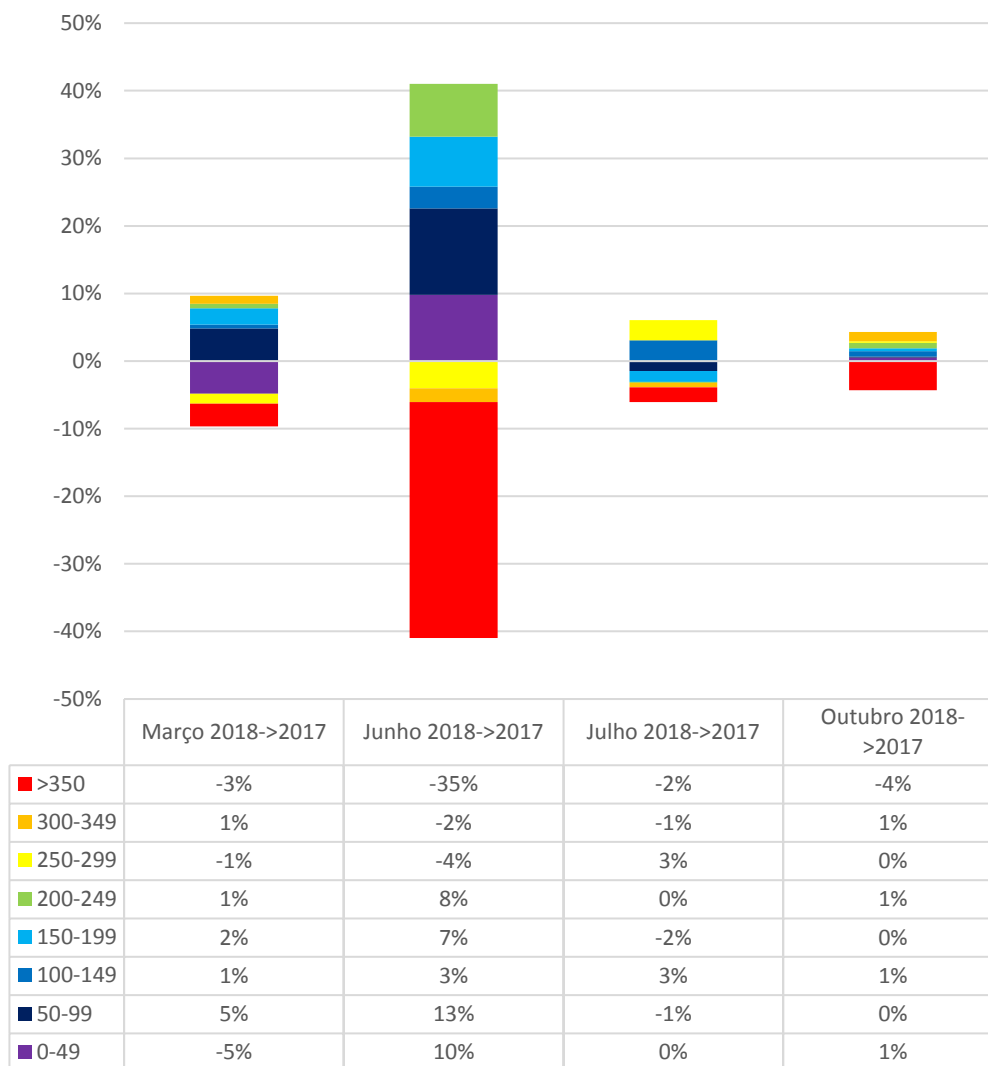


Gráfico 22 - Diferença de percentagem de horas do mês compreendidos na escala de radiação, em Portugal

Em Espanha, foi realizado um estudo idêntico, contudo, apenas foram utilizados dados diários, uma vez que não foi possível adquirir os dados horários. Os dados diários adquiridos são uma média horaria

Aplicando a escala de precipitação aos dados espanhóis, obteve-se os dados expressos no Gráfico 23. Neste é possível verificar, que Espanha obteve maiores índices de precipitação em relação a Portugal. Foram atingidos valores de precipitação forte, que comparados com o Gráfico 15, confirmam que 2018 foi um ano mais chuvoso. Os meses de março e outubro de 2018, atingiram maiores índices de precipitação, sendo que em março, 45% dos dias, cerca de metade do mês, e em outubro, 29% dos dias, um terço do mês, detiveram uma intensidade de precipitação forte.

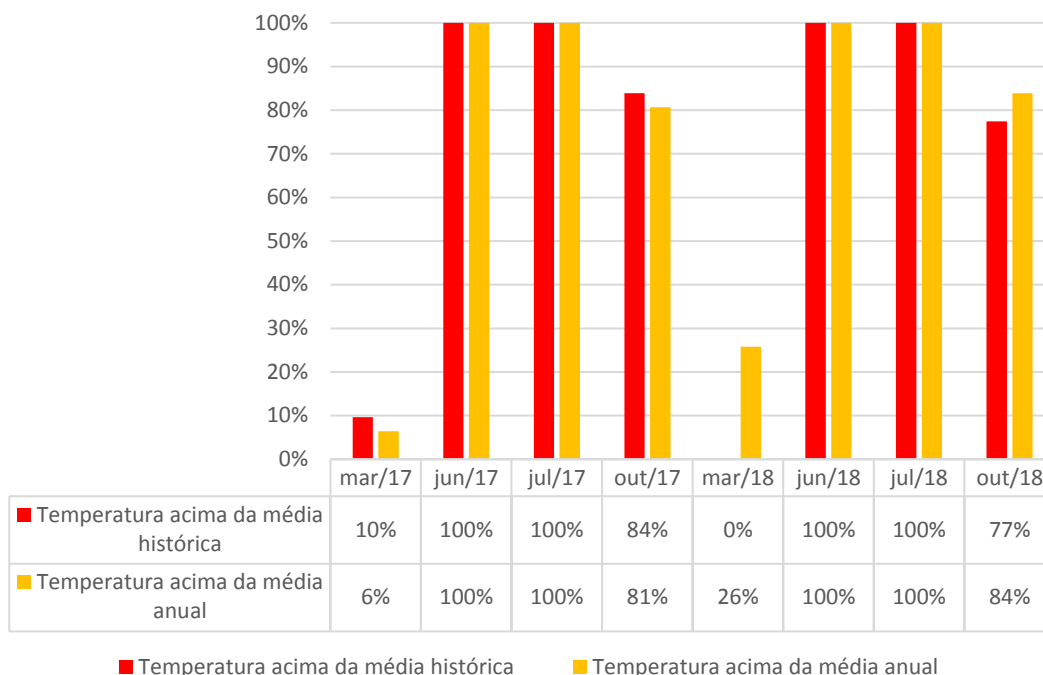


Gráfico 24 - Percentagem de dias do mês de temperatura acima da média, em Espanha

A utilização da escala de velocidade do vento em Espanha, está expressa no Gráfico 25. Este, comprova que o ano de 2018 foi mais ventoso, com o mês de março, a obter mais de metade dos seus dias com intensidade de vento moderada. Em comparação com Portugal, Espanha, teve maior intensidade de vento, com mais dias a atingir a velocidade de vento moderada. Sendo que, em Portugal, apenas 1% das horas de outubro de 2018, teve intensidade de vento moderada.

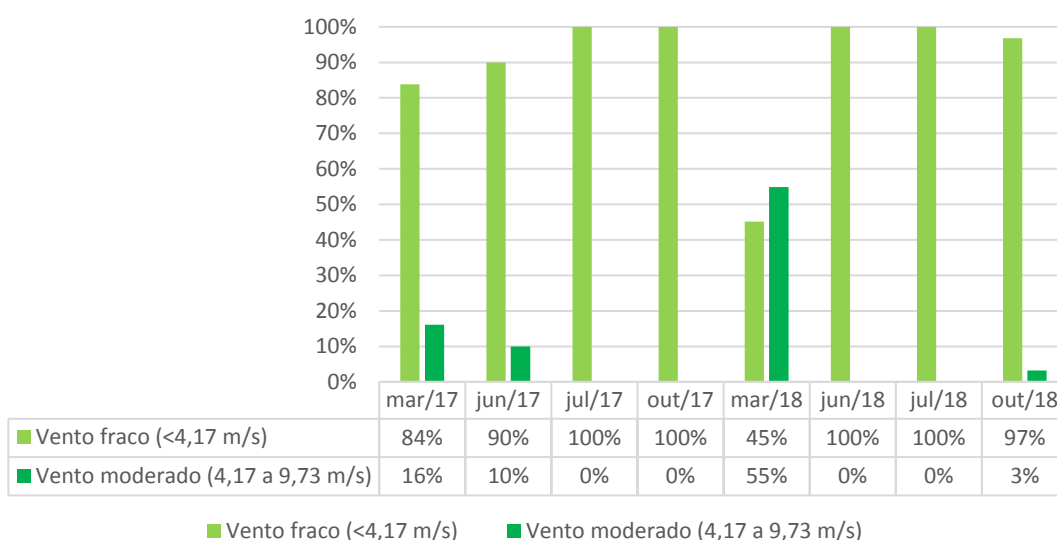


Gráfico 25 - Percentagem de dias do mês de intensidade do vento, em Espanha

O número de horas de sol, em Espanha, veio confirmar que 2017 foi um ano mais quente que 2018. O mês de julho de 2018 foi um mês atípico, em comparação ao restante ano, conforme ilustrado no Gráfico 26. Este, obteve 100% de dias, onde as horas de sol foram acima da média histórica e anual. Contudo, o ano 2017 teve valores maiores que 2018.

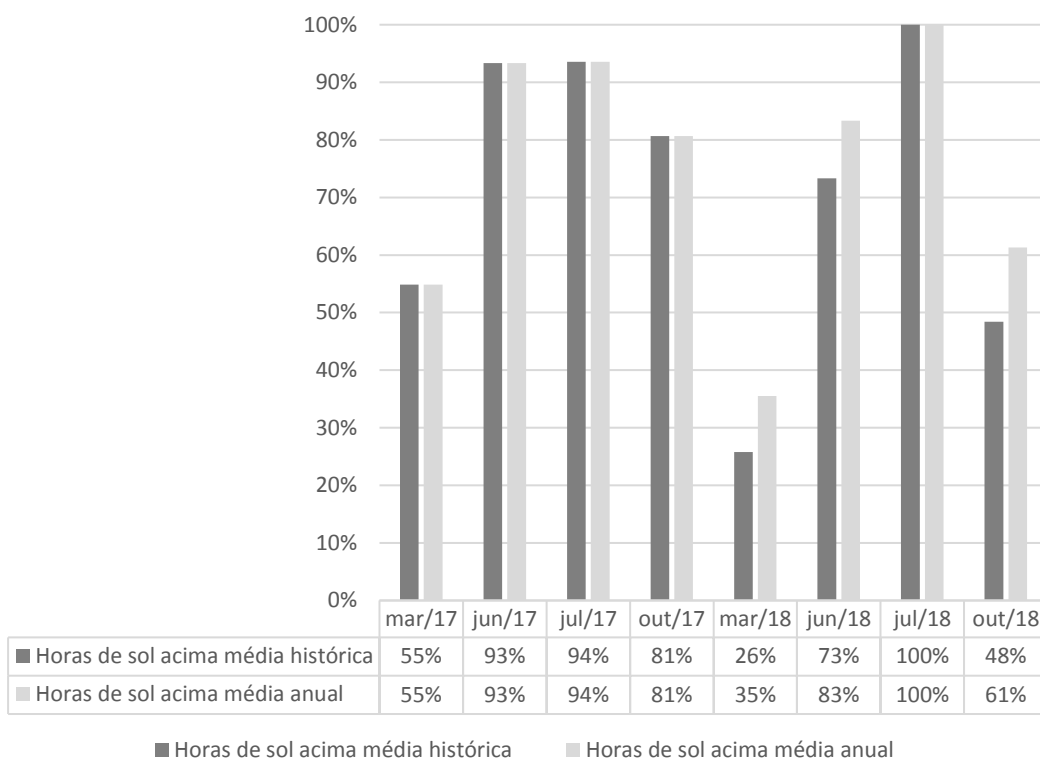


Gráfico 26 - Percentagem de dias do mês de horas de sol acima da média, em Espanha

4.4.2. PREÇOS

Os preços adquiridos foram retirados do site da REN [20], apenas do mercado diário. Os dados retirados foram horários, e realizada uma média mensal dos preços de energia e uma estatística de ocorrência de *market splitting*.

Na Tabela 12, está expressa a média de preços mensal, para Portugal e Espanha, para os meses em estudo. Portugal, teve os preços de energia elétrica mais baixos nos meses de julho de 2017, março, julho e outubro de 2018. Espanha, teve os preços de energia elétrica mais baixos nos meses de março e outubro de 2017, e junho de 2018. Esta pequena diferença entre preços ocorre devido ao acontecimento de *market splitting*,

Portugal, beneficiou de 2018 ser um ano mais chuvoso e ventoso, e Espanha, beneficiou de 2017 ser um ano mais quente e com maior número de horas de sol.

Tabela 12 - Preços médios mensais

	Portugal	Espanha
mar/17	43,95 €	43,19 €
jun/17	50,22 €	50,22 €
jul/17	48,60 €	48,63 €
out/17	56,97 €	56,77 €
mar/18	39,75 €	40,18 €
jun/18	58,48 €	58,46 €
jul/18	61,84 €	61,88 €
out/18	65,38 €	65,08 €

A diferença entre preços deve se a ocorrência de *market splitting*. A Ocorrência deste acontecimento está expresso no Gráfico 27.

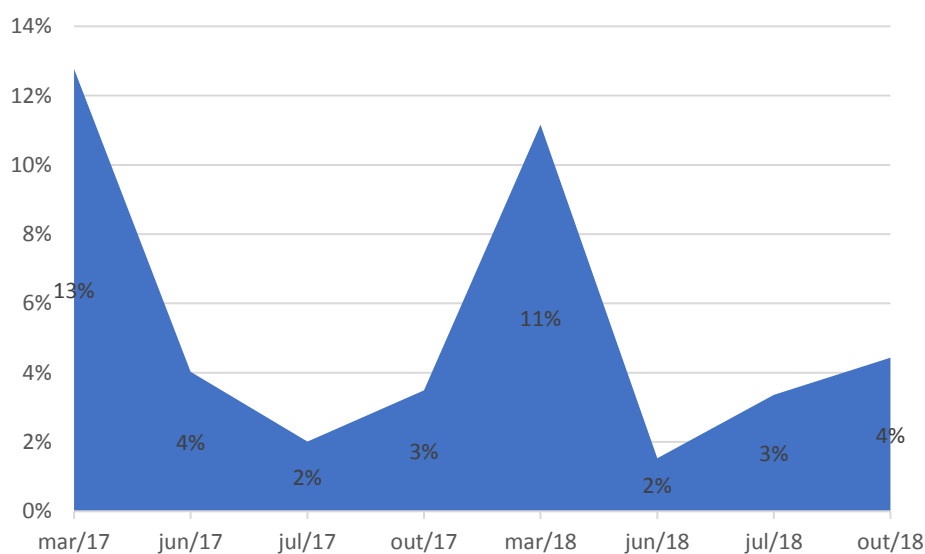


Gráfico 27 - Percentagem de horas de ocorrência de *market splitting*

É de salientar que este acontecimento tem maior ocorrência no mês de março, devido a maior dificuldade de previsão de meteorologia, por isso maior dificuldade na contratação de energia e produção da mesma, levando à separação dos mercados.

Ainda no capítulo dos preços, terão de ser definidos valores para o custo de produção de cada MW/h, em cada função da tipologia de energia. Neste capítulo, serão utilizados

custos nivelados, tendo por base alguns estudos realizados neste âmbito. Estes custos estão ilustrados no Gráfico 28.

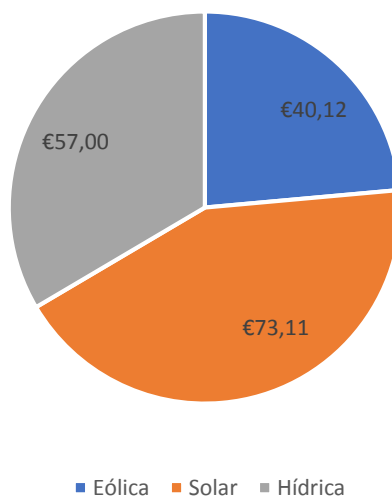


Gráfico 28 - Preços de produção de energia renovável [33] [24] [35]

4.4.3. ENERGIA CONTRATADA

Para um maior rigor na comparação com os perfis de consumo de ambos os países, foi realizada uma recolha de dados referente a energia contratada por cada país para os meses em estudo. Esta interfere na formação do preço de mercado, uma vez que a formação do preço é realizada no dia anterior.

Na Tabela 13, é possível verificar os perfis de energia contratada, de Portugal e Espanha, para o ano de 2017.

Tabela 13 - Energia contratada em 2017

	mar/17	jun/17	jul/17	out/17
Espanha	12 671	15 421	16 044	14 630
Portugal	4 628	4 344	4 730	3 820
Diferença	8 043	11 077	11 314	10 809

Na Tabela 14, é possível verificar os perfis de energia contratada, de Portugal e Espanha, para o ano de 2018.

Tabela 14 - Energia contratada em 2018

	mar/18	jun/18	jul/18	out/18
Espanha	15 800	11 992	13 774	14 127
Portugal	5 552	4 409	4 786	4 058
Diferença	10 248	7 583	8 987	10 069

4.4.4. TIPOS DE ENERGIA

Adquiridos os dados de energia contratada, foram retirados os dados de energia produzida por tipologia, para ambos os países. Em Portugal, foram retirados do centro de informação da REN [25], e em Espanha, foram retirados do site da REE [26]. Nestes dados, constam os perfis de consumo de ambos os países. Estes são mensais, e retirados apenas para os meses em estudo.

Na Tabela 15, é possível verificar o real consumo de energia elétrica em Portugal, nos meses definidos, e uma comparação com a energia contratada no dia anterior, em mercado diário.

Tabela 15 - Perfil de consumo de Portugal em 2017 (GW/h)

	mar/17	jun/17	jul/17	out/17	mar/18	jun/18	jul/18	out/18
Consumo	4239	4062	4230	4043	4632	3964	4198	4091
Diferença Consumo e Energia contratada	-389	-282	-500	223	-920	-445	-588	33

Na Tabela 16, está expresso o consumo de energia elétrica, em Espanha, nos meses definidos, e uma comparação com a energia contratada no dia anterior, em mercado diário.

Tabela 16 - Perfil de consumo de Portugal em 2018 (GW/h)

	mar/17	jun/17	jul/17	out/17	mar/18	jun/18	jul/18	out/18
Consumo	12671	15421	16044	14630	15800	11992	13774	14127
Diferença Consumo e Energia contratada	8321	6259	6386	5542	6311	8344	8512	6158

Em Espanha, verifica-se a existência de grandes diferenças entre o consumo e a energia contratada no mercado diário. Sendo que esta, se deve a políticas no país e dificuldades nas previsões de consumo. Em Espanha, temos presente a produção de energia

Nuclear, que produz grandes quantidades de energia, mas não permite às suas centrais, interromper o exercício laboral, tendo obrigatoriamente de produzir. Para estas, por vezes, é mais rentável transacionar a sua energia em mercado intradiário.

Adquiridos e tratados todos os dados de produção de energia, foi realizada uma estatística da influência da energia de caráter renovável, no consumo e na energia contratada de cada país.

No Gráfico 29, é possível verificar a influência das energias renováveis, na satisfação do consumo em Espanha. No mês de março de 2018, verificou-se que mais de 60% do consumo foi saciado apenas com a produção de energia renovável. O que indicia ser bons resultados para eliminar a dependência dos combustíveis fósseis. Em 2018, notou-se uma maior influência das energias renováveis, com um aumento da produção de energia hídrica. Este acontecimento deveu-se sobretudo ao maior índice de pluviosidade, comparativamente com 2017. Contudo, e contrariando os dados meteorológicos, o mês de março de 2018, com temperaturas mais baixas e menos horas de sol, foi o mês com maior produção de energia solar fotovoltaica. O ano de 2018, teve maior influência da energia solar que 2017, contrariando os dados meteorológicos. No critério de produção eólica, os valores de influência no consumo, contrariam os dados meteorológicos. O ano de 2018 foi mais ventoso, mas existiu maior produção em 2017, este com índices de velocidade mais baixos. Contudo, os dados são influenciados pelas restrições das centrais, das necessidades e valores de produção, no momento de transação de energia, bem como dos contratos efetuados com as centrais de produção.

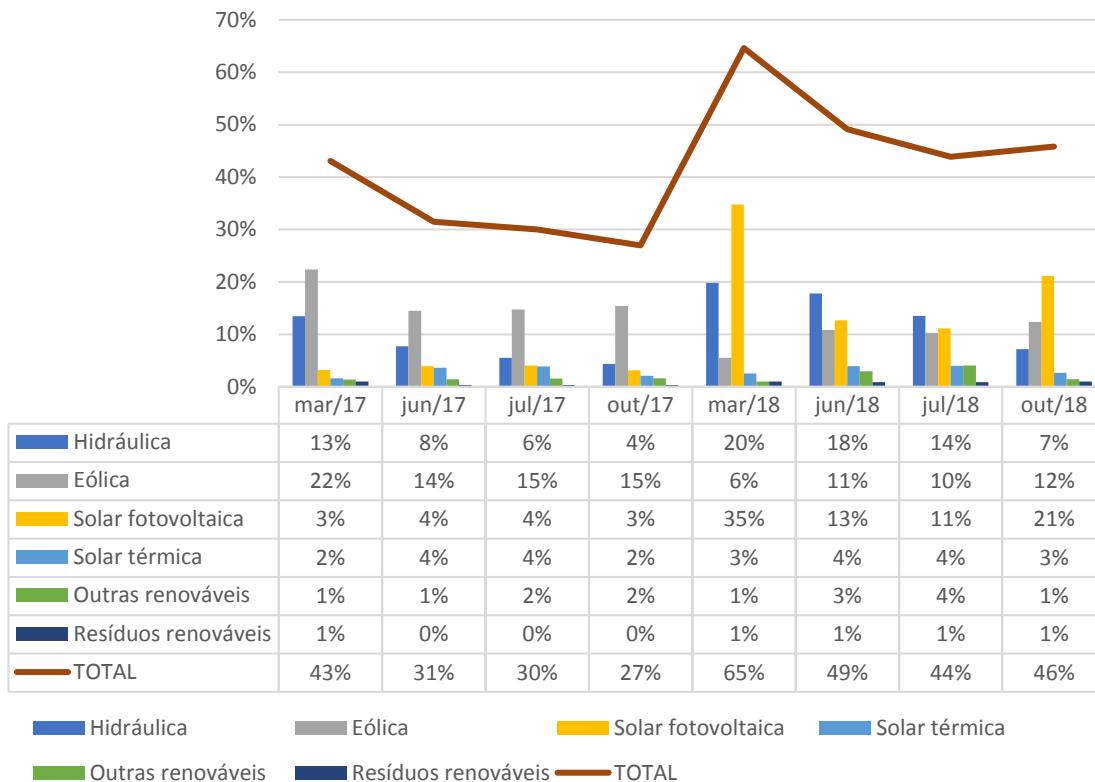


Gráfico 29 - Influência das energias renováveis no consumo, em Espanha

No Gráfico 30, está expressa a comparação entre a produção de energia renovável e a energia contratada. As diferenças entre a energia contratada e o consumo, presentes na Tabela 8 e Tabela 9, são elevadas, mostrando, portanto, uma maior influência da energia renovável na energia contratada. Em março de 2018, está bastante explícita a influência da energia renovável, suprimindo 90% da energia contratada, em mercado diário. A produção fotovoltaica é responsável, por suprimir metade da energia contratada.

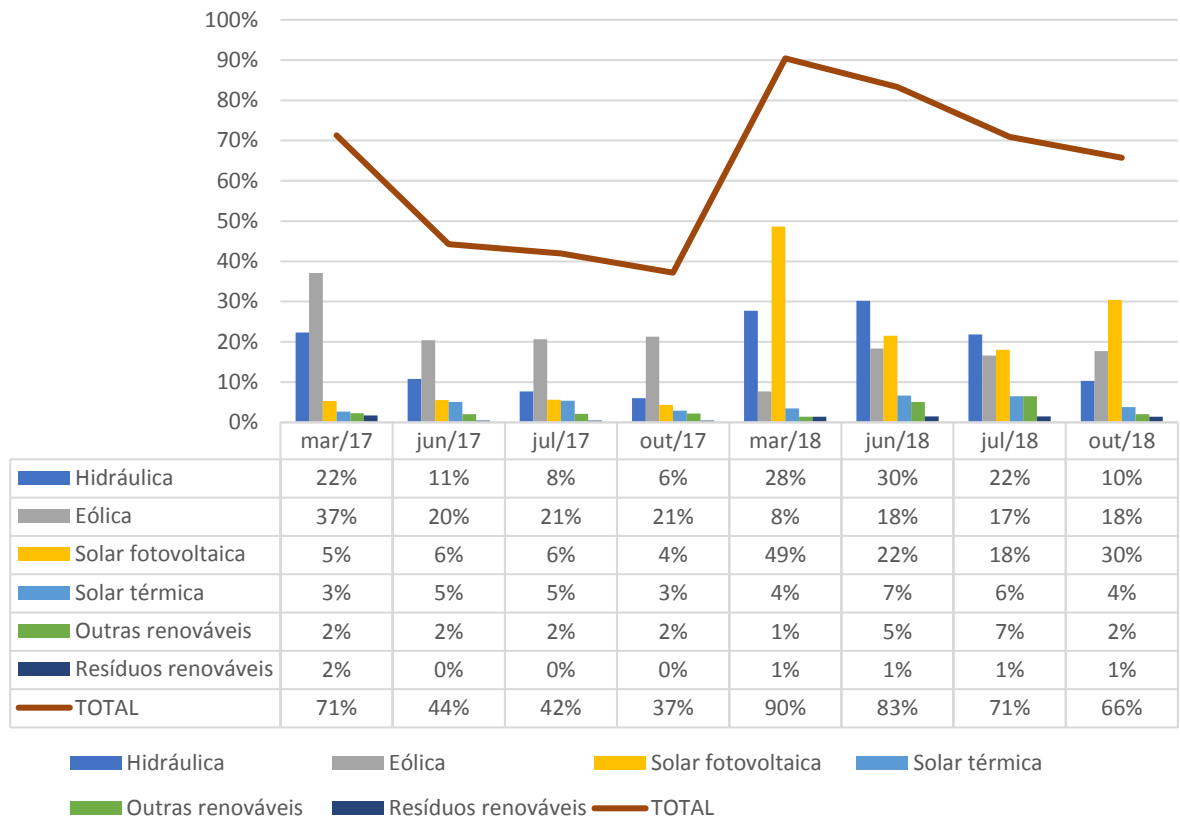


Gráfico 30 - Influência das energias renováveis na energia contratada, em Espanha

Considerando apenas os meses em estudo, para os respetivos anos, foi realizada uma média anual da influência da energia renovável, no consumo em Espanha, ilustrada no Gráfico 31.

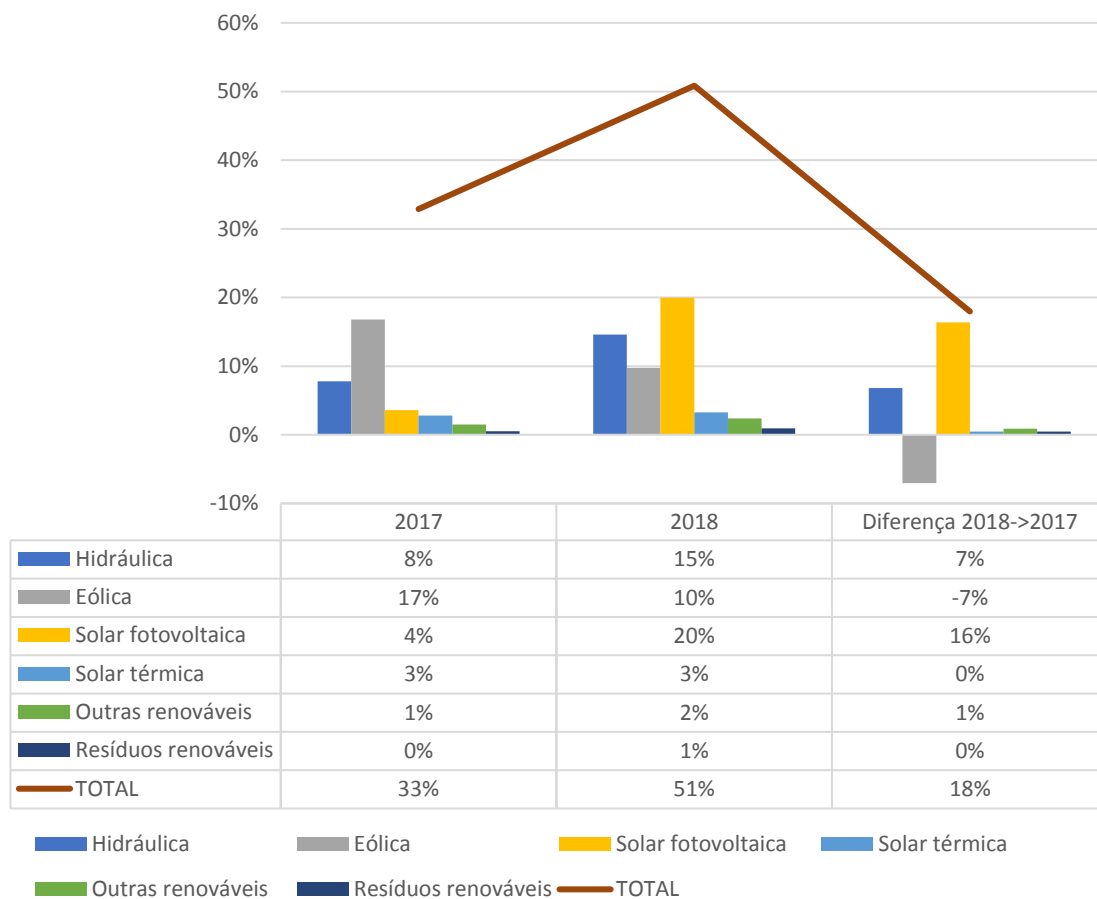


Gráfico 31 - Média da influência da energia renovável no consumo, em Espanha

No Gráfico 31, podemos verificar que, 2018 foi um ano de maior aproveitamento da energia renovável, com maior influência da energia solar fotovoltaica, contrariando os dados meteorológicos. Nos meses estudados de 2018, metade do consumo foi suprimido pela produção de energia renovável.

Em comparação, verifica-se que a influência da energia renovável na energia contratada, expressa no Gráfico 32, é mais notória no ano de 2017. Com um crescimento de 16%, em relação ao consumo, sendo este o ano com maiores diferenças entre consumo e energia contratada.

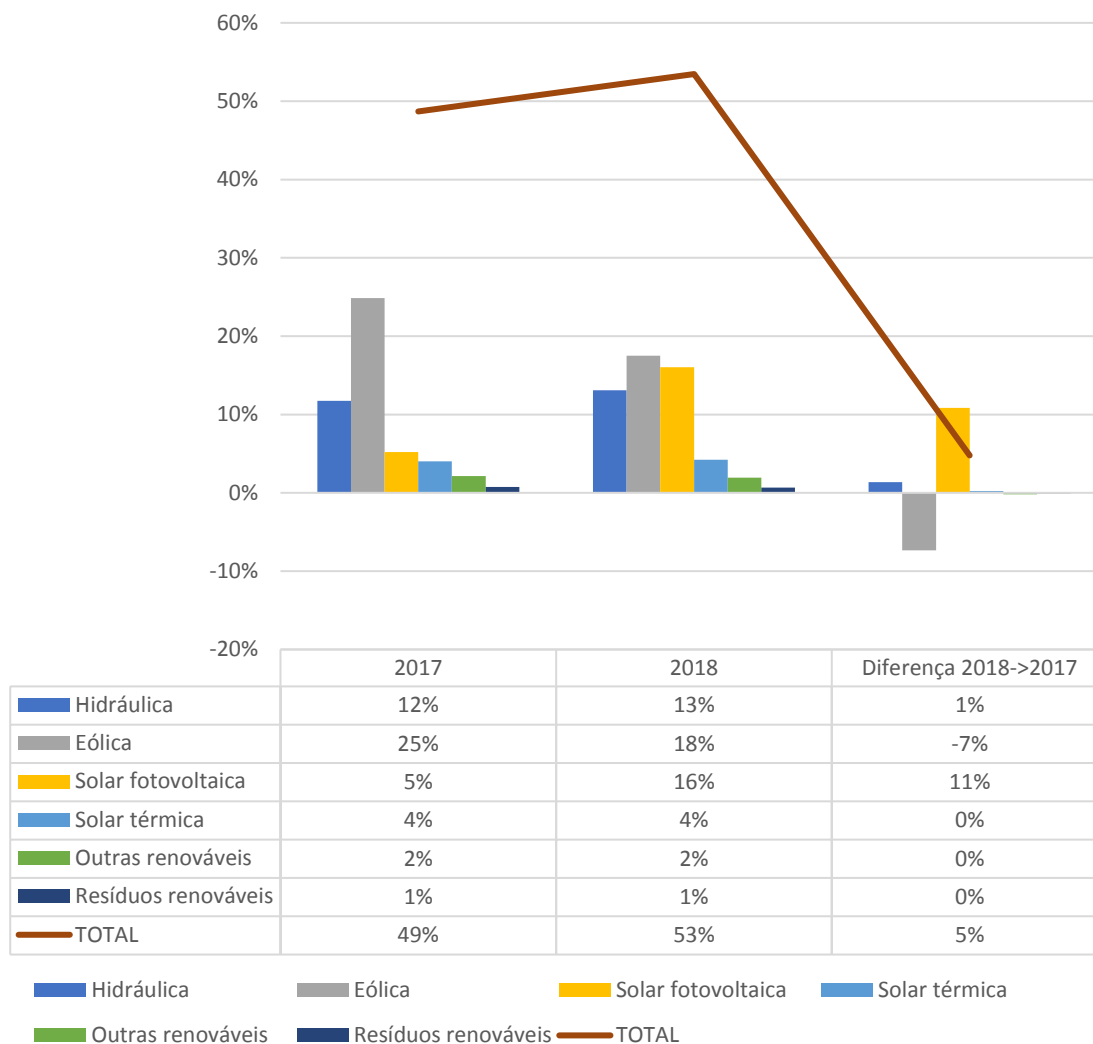


Gráfico 32 - Média da influência das energias renováveis na energia contratada, em Espanha

No caso português, a análise é idêntica. No Gráfico 33, está presente a influência das energias renováveis no consumo em Portugal. Verifica-se que no mês de março de 2018, 98% da produção foi inteiramente renovável, onde 55% foi produzida através de recursos hídricos. A produção hídrica, é fundamentada através dos dados meteorológicos presentes no Gráfico 11, onde março foi o mês mais chuvoso. Neste, 40% da produção foi de origem eólica, no qual, foi o mês com maior índice de velocidade de vento, conforme ilustra o Gráfico 14. A produção fotovoltaica em Portugal, não está desenvolvida o suficiente para que a capacidade das suas centrais de produção, mostre impacto no consumo. A produção eólica e hídrica, está dentro do expectável, para os dados meteorológicos analisados.

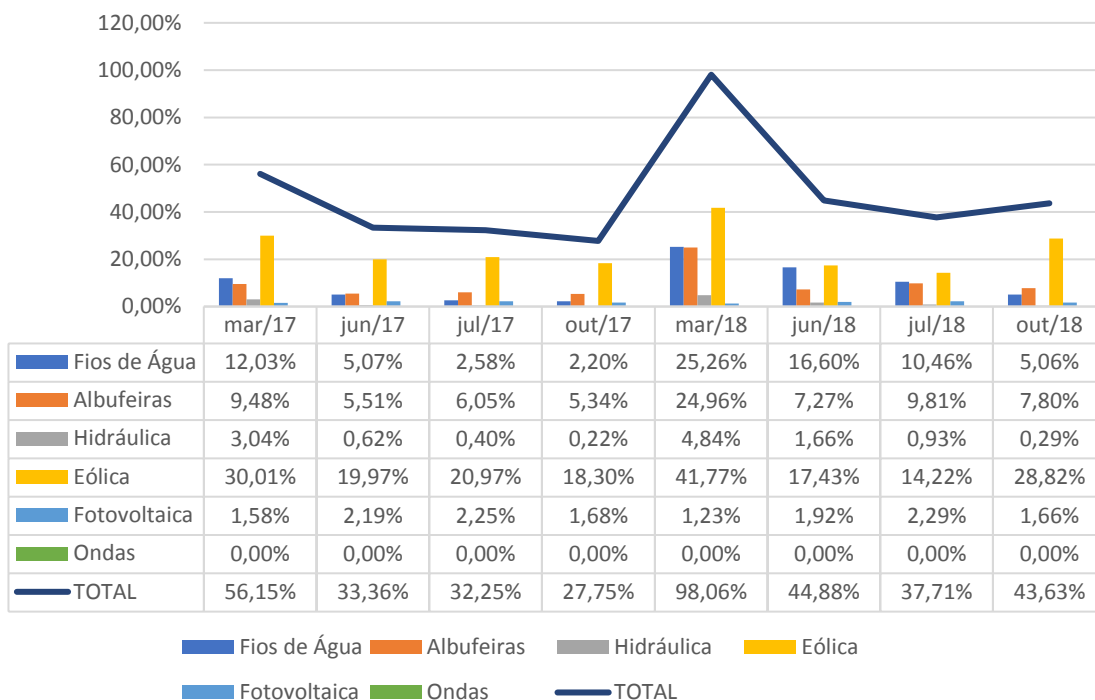


Gráfico 33 - Influência das renováveis no consumo, em Portugal

Em Portugal, a influência da energia renovável na energia contratada, presente no Gráfico 34, não é tao evidente como em Espanha. Isto deve-se às diferenças entre consumo e energia contratada, em Portugal, não serem tão evidentes. As quantidades de energia utilizadas por Portugal, são bem mais pequenas, contratando, normalmente, sempre mais do que consome. O mês de março de 2018, possuiu um consumo menor que o esperado, isto verifica-se devido à diferença entre a influência da produção renovável, no consumo e na energia contratada. A produção renovável, caso o consumo, em março de 2018, não fosse abaixo do esperado, seria suficiente para suprimir a energia contratada. Contudo, em Portugal, as diferenças entre energia contratada e consumo, não são tao evidentes como no caso espanhol.

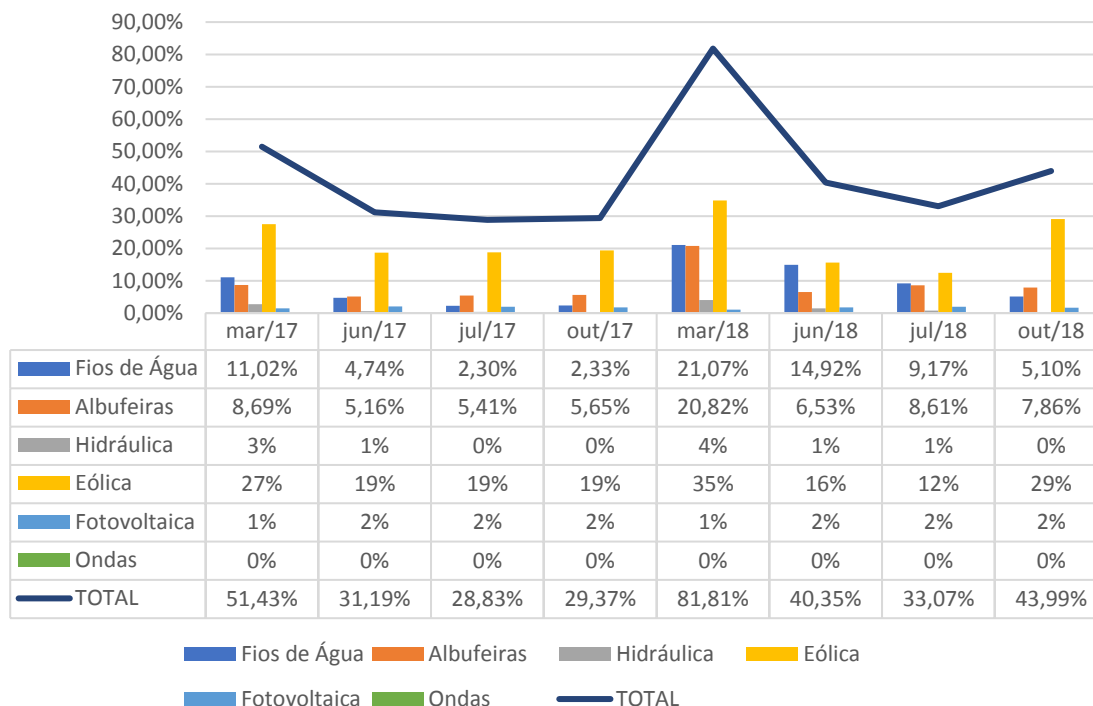


Gráfico 34 - Influência das renováveis na energia contratada, em Portugal

Nas médias anuais, apenas para os meses estudados, de influência da produção renovável no consumo, indicam que 2018 foi um ano com maiores índices de produção renovável, conforme ilustrado no Gráfico 35. Em Portugal, os dados meteorológicos e produção renovável, possuem uma uniformidade. O ano de 2018, foi um ano mais chuvoso e ventoso, que 2017, permitindo a Portugal beneficiar das suas melhores infraestruturas para produção hídrica e eólica. O ano de 2017, foi um ano mais quente, com maiores índices de radiação, contudo, não são devidamente aproveitados, devido as infraestruturas de produção fotovoltaica presentes em Portugal.

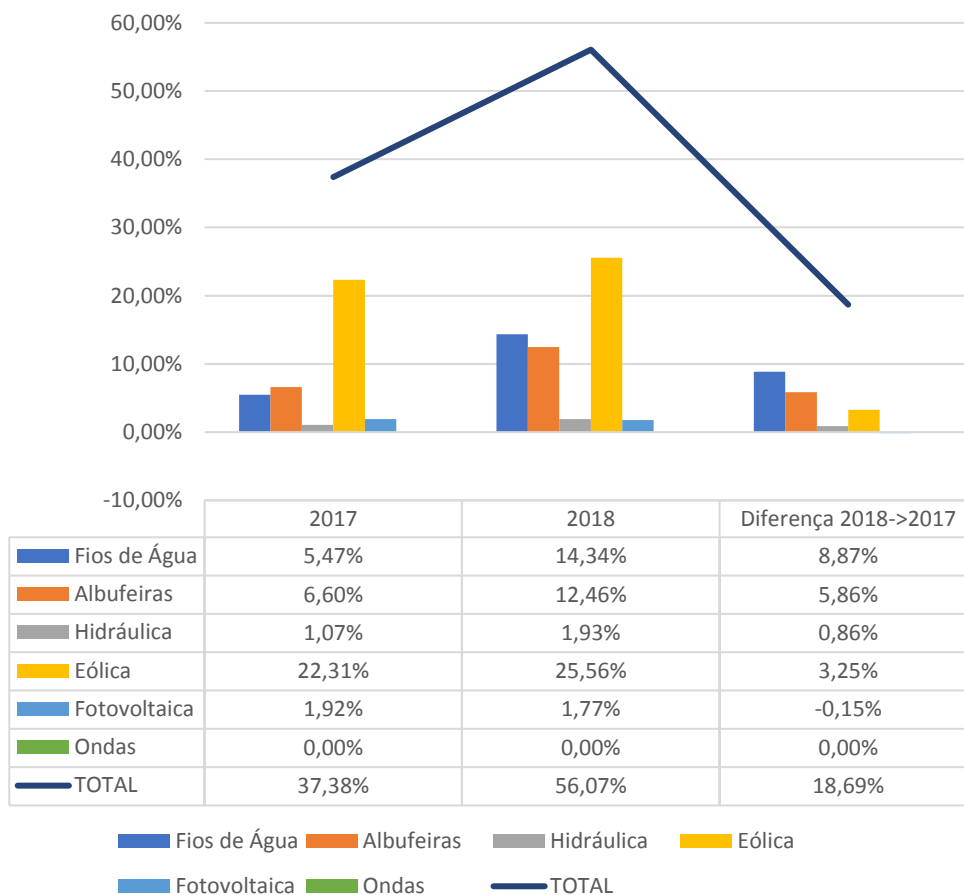


Gráfico 35 - Influência anual das renováveis no consumo, em Portugal

A influência anual, dentro dos meses estudados, das renováveis na energia contratada, é mais baixa em relação a Espanha. Isto deve-se uma vez contratamos mais do que o consumimos. A influência é menor na energia contratada, em relação ao consumo, conforme ilustrado no Gráfico 36.

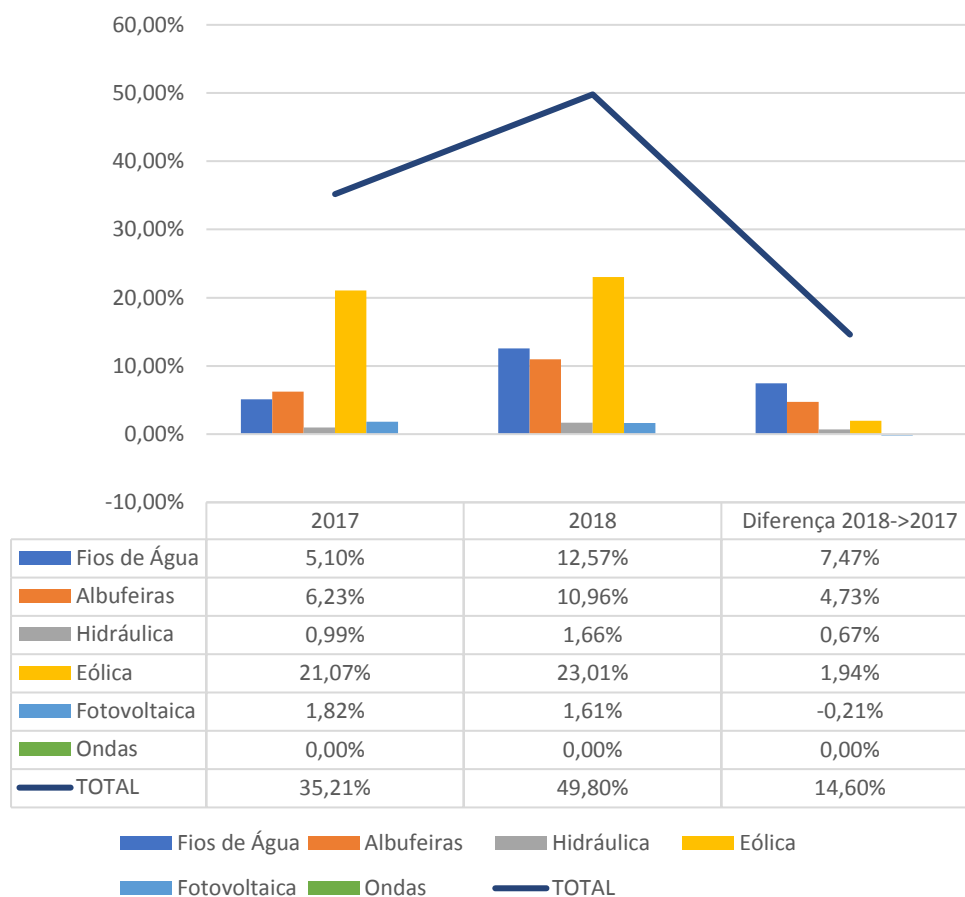


Gráfico 36 - Influência das renováveis na energia contratada, em Portugal

4.5. INFLUÊNCIA DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO PREÇO

Para verificar a influência do preço das energias renováveis, no preço do mercado, foi realizada uma análise utilizando os preços nivelados de produção de energia elétrica renovável, acima identificados no Gráfico 28. Esta análise, foi realizada para 3 tipos de energia: eólica, solar fotovoltaica e hídrica. Para tal, foi aplicada a fórmula referenciada no capítulo 4.1. Foi necessário saber: a totalidade de produção eólica, solar fotovoltaica e hídrica, individualmente, o consumo de energia total, para o mês em questão, e o preço médio mensal da energia elétrica. Adquirido o valor total mensal, produzido por cada tipo de energia, e o preço de produção da mesma, obtém-se o custo total de produção de cada tipo de energia. Conseguindo o preço de mercado médio mensal e o total de consumo mensal, adquirimos o total de custo de produção da energia elétrica mensal. Dividindo, o total de custo de produção, de cada tipo de energia, pelo total de custo de produção da energia elétrica mensal, obtém-se o valor da influência da energia renovável no preço do mercado. Este procedimento, foi realizado para os 3 tipos de energia, para cada um dos meses em estudo e para Portugal e Espanha. A influência da produção renovável, no preço de mercado em Portugal, está expressa no Gráfico 37.

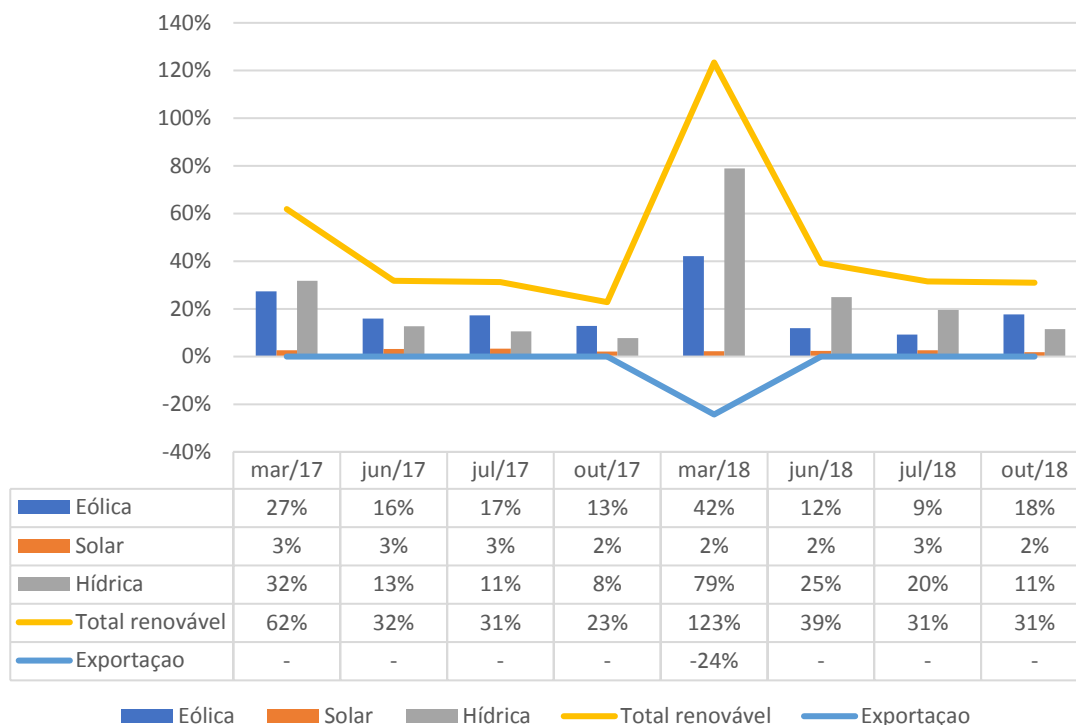


Gráfico 37 - Influência da energia renovável no preço de mercado

Sabendo que, o preço de produção de energia eólica é o mais baixo dentro dos 3 analisados, chegamos a conclusão de que esta está dentro da média de custos de produção de energia elétrica em Portugal. A influência, do preço da energia eólica no preço de mercado, é a mesma, que a influência de produção eólica no consumo, cerca de 42%, diferindo cerca de 1%, no caso do mês de março de 2018.

A energia solar fotovoltaica, apesar de reduzida a sua influência, devido também a quantidade produzida, tem um custo de produção unitário maior, dentro dos três analisados, e é a que tem a diferença mais percentual, de cerca de 40 %, no caso do mês de março de 2018, entre a influência no preço de mercado e a influência no consumo. No caso da energia hídrica, a diferença é de cerca de 30%, entre a influência no preço de mercado e a influência no consumo. Caso, no mês de março de 2018, fossem tomados em conta apenas os custos de produção destes três tipos de Energia, vendendo a mesma quantidade de energia desse mês, ao preço de mercado, apenas estes 3 tipos de energia cobriram o valor total de energia gasto nesse mês para suprimir o consumo.

No caso espanhol o caso é idêntico, conforme expresso no Gráfico 38, uma vez que os preços unitários utilizados foram os mesmos. A influência do preço da energia solar é maior no caso espanhol, pois estes possuem uma maior produção de energia solar. A diferença entre consumo e produção, e, total de custo do mercado e total de custo de produção do tipo de energia, é idêntica ao caso português, para o mês de março de 2018. O

custo de produção da energia eólica é praticamente igual ao custo de produção de mercado uma vez que a diferença é de cerca de 1%. Na energia solar, a diferença entre a influência no preço de mercado e a influência no consumo, é de cerca de 40% e na hídrica cerca de 30%, isto devido aos custos de produção destas tipologias de energia. No caso espanhol, no mês de março de 2018, se considerarmos só a influência dos custos de produção destas três energias, cerca de 97% do custo total do mercado, seria apenas para estas três energias. Espanha, necessitou de importar neste mês, assim o custo de produção deste três tipo de Energia acrescido à exportação, ultrapassaram o custo total do mercado

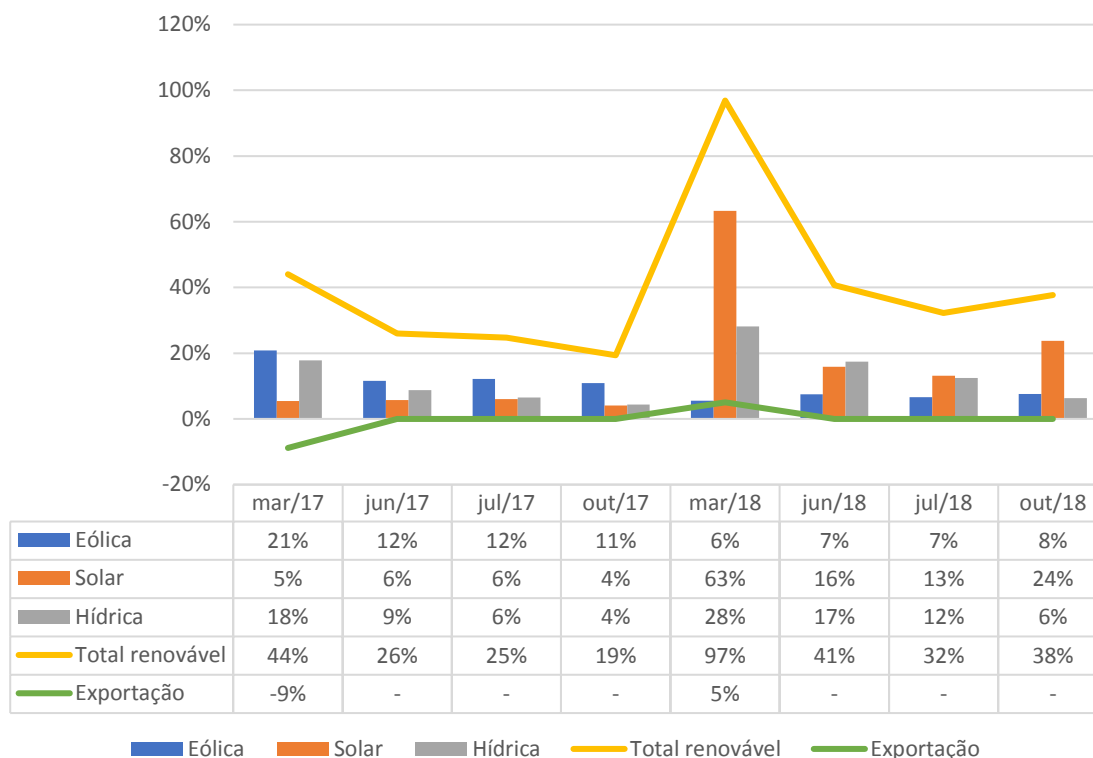


Gráfico 38 - Influência da energia renovável no preço, em Espanha

5. CONCLUSÕES

Ao longo do presente documento, foi realizada uma análise ao mercado de energia ibérico, na vertente de eletricidade. Esta investigação teve por base a participação das energias renováveis no mercado de energia, nomeadamente no polo espanhol, OMIE, que é responsável pelos mercados diários. O foco esteve na participação das energias renováveis no mercado de energia, tendo por base a meteorologia, que influencia na produção, o preço de produção destas energias, que influencia no preço final de mercado, e na contribuição destas energias para a satisfação do consumo da península ibérica.

No caso dos dados meteorológicos observados, os meses de 2017 e 2018 com maiores índices meteorológicos que influenciam a produção eólica, solar e hídrica são março, junho, julho e outubro. Possuem valores diferenciados para Portugal e Espanha, com especial foco nos dados de velocidade de vento. Em Portugal, os dados meteorológicos recolhidos coincidem com a quantidade de produção de cada tipo de energia, ou seja, velocidade do vento para produção eólica, precipitação na produção hídrica e temperatura e radiação para o caso da produção de energia solar. No entanto, no que toca à última elencada, ainda não se desenvolveu significativamente em Portugal e, por isso, necessita de grandes dimensões para a instalação de centrais que consigam ter impacto no mercado de energia. A energia solar também é a mais cara, em termos de produção, dentro das três estudadas. A energia hídrica é a mais flexível dentro das três, uma vez que é possível reter a água em albufeiras para posterior produção, o que a coloca em vantagem, pois é possível armazenar energia sobre a forma de água.

No caso espanhol, os dados meteorológicos não coincidem da mesma forma na quantidade de energia produzida das fontes renováveis. Em Espanha, a energia solar já possui uma maior relevância comparativamente ao caso português, pois o território estrangeiro detém uma maior quantidade de espaço para instalação de centrais. Esta energia supõe, ainda, um custo de produção elevado em comparação com a hídrica e eólica, pois necessita de mais manutenção. Por outro lado, este tipo de energia possui uma boa perspetiva de crescimento tecnológico, que permite baixar os custos de produção e, assim, conseguir competir de forma mais eficaz em mercado. Nos casos hídrico e eólico, a produção, por vezes, não coincide com os dados meteorológicos registados. Este desvio deve-se a outro

tipo de energia existente em Espanha, a nuclear. Esta, por sua vez, tem de escoar, por vezes, a sua produção, não podendo, de forma alguma, interromper a sua produção. Também consegue obter grandes quantidades de energia e, por consequência, vende-a a preços relativamente baixos. Este aspeto faz com que as energias complementares, como é o caso das renováveis, não consigam utilizar os fatores meteorológicos favoráveis para produzir em grande quantidade.

No caso da influência no consumo, é cada vez mais notória a presença de energia renovável na satisfação do consumo, conseguindo, em alguns casos, saciar o consumo na totalidade. Com o auxílio das melhores e mais precisas condições de previsão meteorológica, é possível projetar que as energias renováveis consigam crescer dentro do mercado, essencialmente devido à sua reduzida poluição ambiental. Contudo, um dos grandes problemas da produção renovável é o armazenamento, que ainda não é muito rentável, como na energia hídrica, e ainda não é possível, de forma consistente, na eólica e solar. Para armazenamento em baterias, seriam necessárias grandes dimensões ou rápido crescimento tecnológico neste âmbito. Porém, as baterias possuem uma considerável poluição ambiental, devido à extração das matérias que as compõem e à sua degradação, quando estão em fim do período de vida útil.

No caso da influência na energia contratada, as energias renováveis possuem maior relevo em Espanha, pois, nos meses analisados, este país possuía grandes diferenças ao nível da energia contratada e do consumo. Esta diferença deve-se às dificuldades de previsão de consumo, estratégias de compra e venda de energia em mercado e da tipologia de produção usada em Espanha, no caso da utilização de energia nuclear.

Por fim, a influência das energias renováveis no preço do mercado deve-se, sobretudo, ao custo da sua produção, tendo sido este calculado tendo por base estudos efetuados nesse campo de ação. De facto, seria difícil saber o preço exato de produção em Portugal e em Espanha, devido à falta de informação disponível neste âmbito e à diversidade de centrais e tecnologias utilizadas. No entanto, é possível, através de estudos realizados, saber o custo nivelado para produção de energia solar, hídrica e eólica. Estes valores permitiram conhecer a sua influência em mercado, as quais, devido aos seus custos de produção, ainda não estão presentes em mercado de forma definitiva e sustentável para consumo. Com as políticas de redução de poluição ambiental, estas energias tendem a crescer na sua utilização em mercado e no seu desenvolvimento tecnológico.

Em suma, as energias renováveis analisadas - eólica, solar e hídrica – possuem já um forte impacto no mercado, sendo que, na generalidade, estas suprimem cerca de 50% das necessidades. Não descartam, todavia, o aparecimento de energias alternativas que possam suprimir algumas falhas existentes. A evolução tecnológica, as políticas de proteção do ambiente e o crescimento de políticas de consumo sustentável permitem às energias renováveis crescerem cada vez mais em mercado e, de forma concomitante, possibilitam o aparecimento de tecnologias alternativas, que retirem o melhor proveito dos recursos existentes para produção energética, da forma mais limpa possível.

5.1. PERSPETIVAS FUTURAS

No presente documento, as metodologias implementadas poderiam ser melhoradas com auxílio a outros dados, nomeadamente, o custo mais atual de produção das energias renováveis analisadas. No estudo efetuado, foram utilizados custos nivelados de três estudos diferentes. Contudo, com o avanço da tecnologia, estes custos estão constantemente a sofrer alterações, e assim se espera que continuem sendo um bom indicativo dos esforços realizados para a eliminação da dependência dos combustíveis fósseis.

Os dados meteorológicos, de energia consumida, contratada e produzida poderiam ser mais abrangentes, contudo, estes eram os dados públicos disponibilizados pelas entidades competentes.

No futuro, novos métodos de análise poderão ser utilizados de forma a permitir um estudo mais aprofundado do impacto das energias renováveis na formação do preço, em mercados de energia elétrica.

Referências Bibliográficas e Lista de Websites

- [1] J.M. Glachant, *Competition in European Electricity Markets*, Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2003.
- [2] ERSE, “Estrutura tarifária do setor elétrico,” Dezembro 2017. [Online]. Disponível em: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/2018>. [Acedido em 08 Maio 2019].
- [3] J. Silva *et al*, *Mercados de Electricidade - Regulação e Tarificação de Uso das Redes*, Porto: FEUP Edições, 2002.
- [4] V. C. Nelson, *Introduction to Renewable Energy*, Boca Raton: CRC Press, 2011.
- [5] X.-P.Zhang, *Restructured Electric Power Systems: Analysis of Electricity Markets with Equilibrium Models*, Wiley-IEEE Press, 2010.
- [6] Q. Geração, “Setor Elétrico Brasileiro,” 2016. [Online]. Disponível em: <http://www.quantageracao.com.br/>. [Acedido em 06 06 2019].
- [7] J. Machado, “Análise e Previsão da Evolução do Custo da Electricidade em Portugal,” Outubro 2010. [Online]. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395142234325/dissertacao50169.pdf>. [Acedido em 06 06 2019].
- [8] M. Heddenhausen, “Privatisations in Europe’s liberalised electricity markets – the cases of the United Kingdom, Sweden, Germany, and France,” Dezembro 2007. [Online]. Disponível em: <https://www.swp-berlin.org/>. [Acedido em 05 Junho 2019].
- [9] J.-M. Glachant, *Electricity Reform in Europe*, Edward Elgar Publishing, 2009.

- [10] F. E. R. Commission, “Electricity and gas interconnections in France,” julho 2018. [Online]. Disponível em: <https://www.cre.fr/en/Documents/Publications/Thematic-reports/Interconnections-report-2018>. [Acedido em 2019 junho 26].
- [11] J. Vasconcelos, A Energia em Portugal, Fundação Francisco Manuel dos Santos, 2019.
- [12] T. Baptista, “A LIBERALIZAÇÃO DO MERCADO,” [Online]. Disponível em: <https://sigarra.up.pt/>. [Acedido em 11 06 2019].
- [13] L. M. Amaral, Energia e Mercado Ibérico, Bnomics, 2006.
- [14] D. Ibeas, “Review of the History of the electric supply in Spain,” [Online]. Disponível em: <https://e-archivo.uc3m.es/>. [Acedido em 11 06 2019].
- [15] “MIBEL,” [Online]. Disponível em: <http://mibel.com/>. [Acedido em 11 06 2019].
- [16] ERSE, “MIBEL - construção e desenvolvimento,” [Online]. Disponível em: <http://www.erse.pt/pt/mibel/construcaoedesenvolvimento/>. [Acedido em 11 06 2019].
- [17] ERSE, “Conselho de Reguladores,” [Online]. Disponível: <http://www.erse.pt/pt/mibel/conselhodereguladores/>. [Acedido em 11 06 2019].
- [18] L. Cruz, “A liberalização do sector da energia, o MIBEL(Mercado Ibérico deElectricidade) e o OMIP(Operador do MercadoIbérico de Energia- pólo português),” [Online]. Disponível em: <http://ftp.infoeuropa.euroid.pt/>. [Acedido em 12 06 2019].
- [19] ERSE, “Mercados a prazo,” [Online]. Disponível em: <http://www.erse.pt/pt/supervisaodemercados/mercadoeelectricidade/mercadoaprazo/>. [Acedido em 12 06 2019].
- [20] ERSE, “Mercado Diário,” [Online]. Disponível em: <http://www.erse.pt/pt/supervisaodemercados/mercadoeelectricidade/mercadodiario/>. [Acedido em 12 06 2019].

- [21] OMIE, “Mercado Diário,” [Online]. Disponível em:
<http://www.omie.es/pt/principal/mercados-e-produtos/mercado-da-electricidade/os-nossos-mercados-de-eletricidade/mercado-di>. [Acedido em 12 06 2019].
- [22] OMIE, “Mercado Intradiário,” [Online]. Disponível em:
<http://www.omie.es/pt/principal/mercados-e-produtos/mercado-da-electricidade/os-nossos-mercados-de-eletricidade/mercado-in>. [Acedido em 12 06 2019].
- [23] SNIRH, “Boletim de temperatura,” [Online]. Disponível em:
<https://snirh.apambiente.pt/index.php?idMain=1&idItem=1.6>. [Acedido em 12 06 2019].
- [24] “SNIRH,” [Online]. Disponível em: <https://snirh.apambiente.pt/>. [Acedido em 2019 06 28].
- [25] “AEMET,” [Online]. Disponível em: <http://www.aemet.es/es/portada/>. [Acedido em 2019 06 28].
- [26] “REN,” [Online]. Disponível em: <http://www.mercado.ren.pt>. [Acedido em 2019 06 28].
- [27] “OMIP,” [Online]. Disponível em: <https://www.omip.pt>. [Acedido em 2019 06 28].
- [28] “Centro de informação da REN,” [Online]. Disponível em:
<http://www.centrodeinformacao.ren.pt/>. [Acedido em 2019 06 28].
- [29] “REE,” [Online]. Disponível em: <https://demanda.ree.es/>. [Acedido em 2019 06 28].
- [30] IPMA, “Classificação da intensidade da precipitação líquida,” [Online]. Disponível em: <http://www.ipma.pt/pt/educativa/faq/meteorologia/previsao/>. [Acedido em 14 06 2019].
- [31] IPMA, “Classificação do vento,” [Online]. Disponível em:
<http://www.ipma.pt/pt/educativa/faq/meteorologia/previsao/>. [Acedido em 14 06 2019].
- [32] “PORDATA,” [Online]. Disponível em: <https://www.pordata.pt/>. [Acedido em 2019 06 28].

- [33] I. E. Agency, “Nuclear Energy Agency,” [Online]. Disponível em:
<https://www.oecd-neo.org/ndd/pubs/2015/>. [Acedido em 17 06 2019].
- [34] Lazard, “Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis,” [Online]. Disponível em:
<https://www.lazard.com/perspective/levelized-cost-of-energy-2017/>. [Acedido em
17 06 2019].
- [35] IRENA, “Renewable Power Generation Costs in 2017,” [Online]. Disponível em:
<https://www.irena.org/>. [Acedido em 17 06 2019].

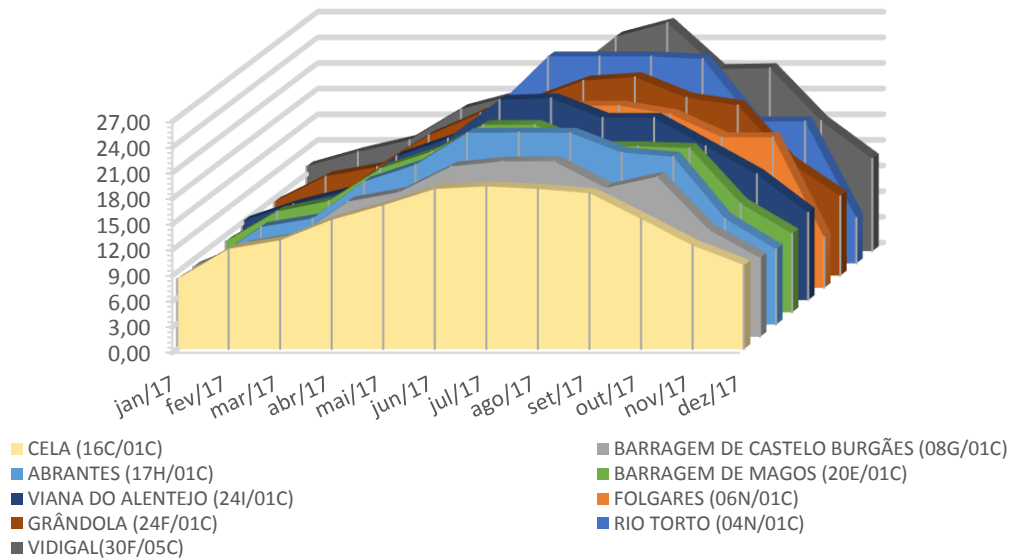
ANEXO I

Estações utilizadas para aquisição de dados, em Espanha

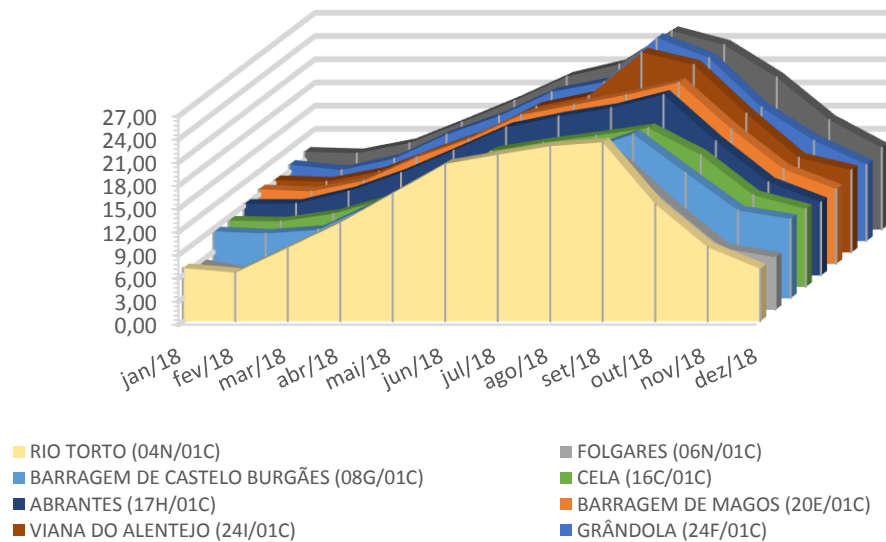
Zona	Código/Estação	Zona	Código/Estação
Araba/álava	9091R-Vitoria Gasteiz aeropuerto	Jaén	5246- Santa Elena
Albacete	8175-Albacete base aerea	León	2661- Virgen del camino
Alicante	8025-Alacant/Alicante	Lleida	9771C- Lleida
Almeria	6325O-Almeria aeropuerto	Lugo	1505- Lugo aeropuerto
Asturias	1249X-Oviedo	Madrid	3129 - Madrid Aeropuerto
Ávila	2444-Ávila	Málaga	6155A-Málaga aeropuerto
Badajoz	4452-Badajoz aeropuerto	Melilla	6000A-Melilla
Illes Balears	B954-Ibiza, aeropuerto	Murcia	7178L-Murcia
Barcelona	0076-Barcelona aeropuerto	Navara	9263D-Pamplona
Bizkaia	1082- Bilbao aeropuerto	Ourense	1690A-Ourense
Burgos	2331- Burgos aeropuerto	Palencia	2374X-Cárrion de los Condes
Cáceres	3469A-Cáceres	Las Palmas	C249I- Fuerteventura
Cádiz	5960-Jerez de la frontera aeropuerto	Pontevedra	1495- Vigo aeropuerto
Cantabria	1111-Santander	La Rioja	9170- Logroño aeropuerto
Castellón	8500A- Castellón de la plana, Almoraza	Salamanca	2867-Salamanca aeropuerto
Ceuta	5000C- Ceuta	Tenerife	C430E-Izaña
Ciudad Real	4121- Ciudad Real	Segovia	2465-Segovia
Córdoba	5402-Córdoba aeropuerto	Sevilla	5783-Sevilla aeropuerto
A coruña	1387- A coruña	Soria	2030-Soria
Cuenca	8096-Cuenca	Tarragona	0016A-Reuss aeropuerto
Girona	0367-Girona aeropuerto	Teruel	8368U-Teruel
Granada	5530E- Granada aeropuerto	Toledo	3260B-Toledo
Guadalajara	3168D - Guadalajara	Valencia	8414A-Valencia aeropuerto
Gipuzkoa	1024E- Donastia/San Sebastián, Igueldo	Valladolid	2422-Valladolid
Huelva	4642E- Huelva, Ronda Este	Zamora	2614-Zamora
Huesca	9898- Huesca aeropuerto	Zaragoza	9390-Daroca

ANEXO II

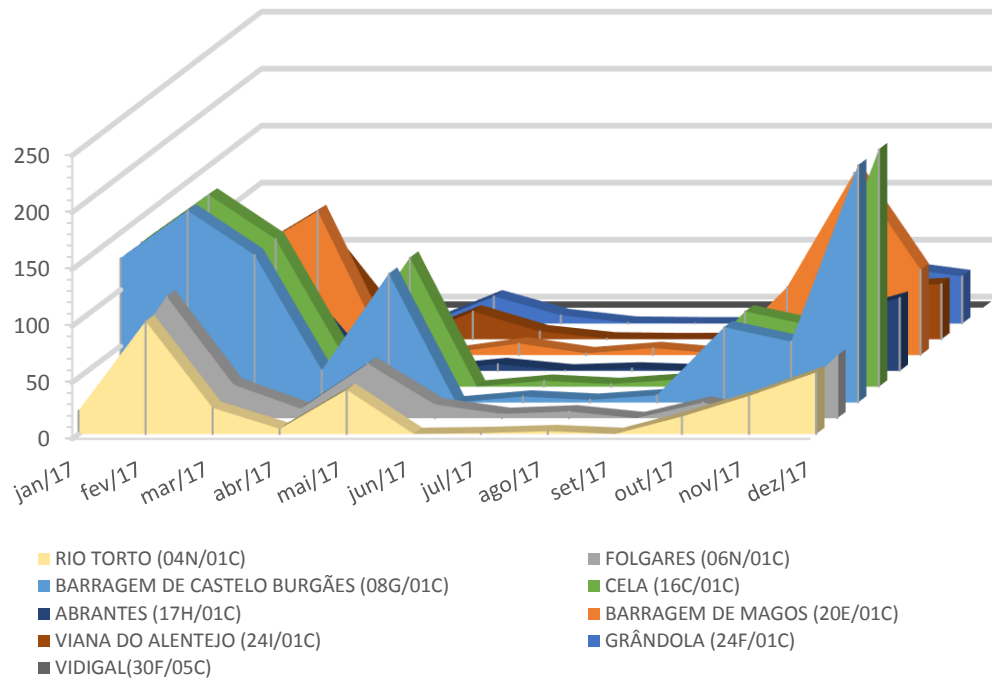
TEMPERATURA MÉDIA DO AR MENSAL (°C), EM PORTUGAL, POR ESTAÇÃO, EM 2017



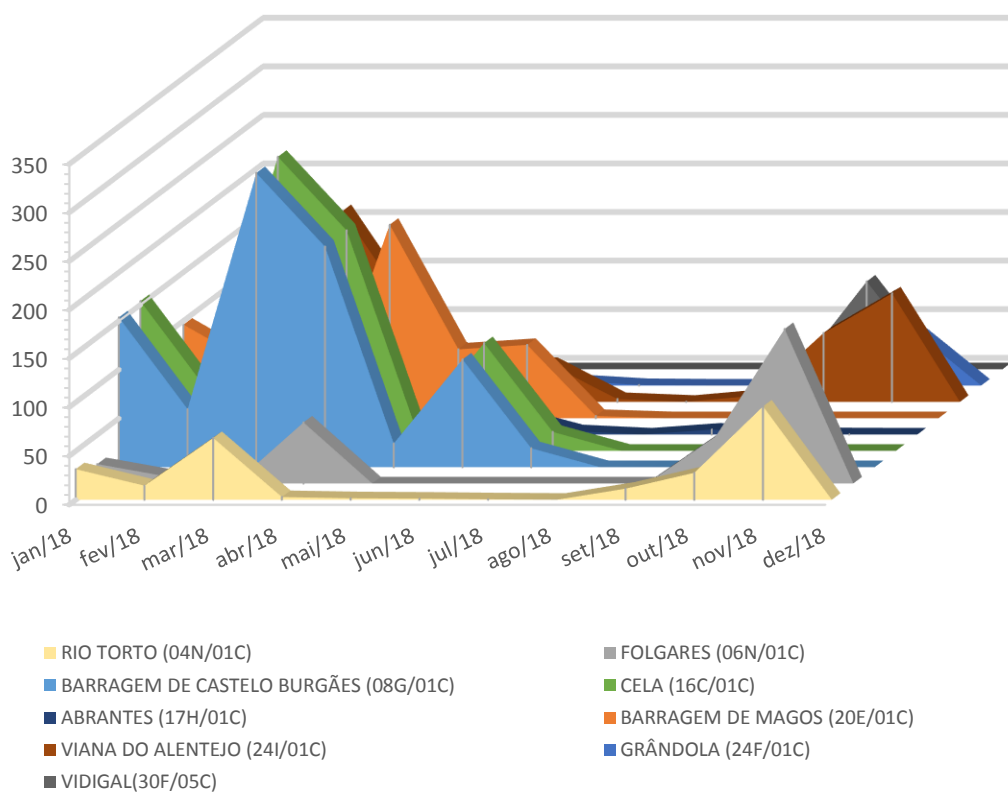
TEMPERATURA MÉDIA DO AR MENSAL (°C), EM PORTUGAL, POR ESTAÇÃO, EM 2018



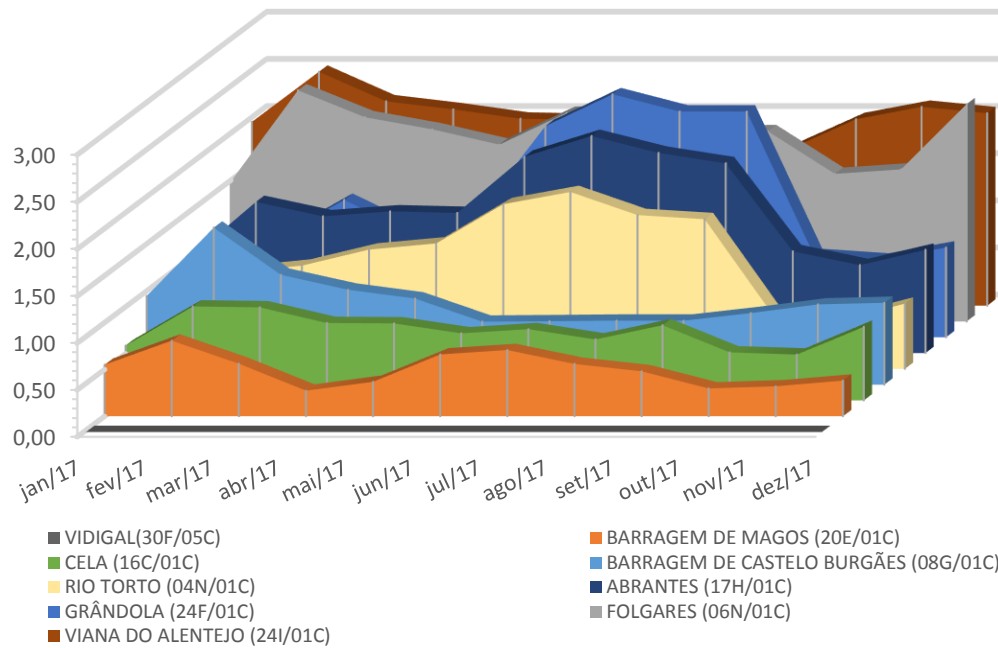
PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL (MM), EM PORTUGAL, POR ESTAÇÃO, EM 2017



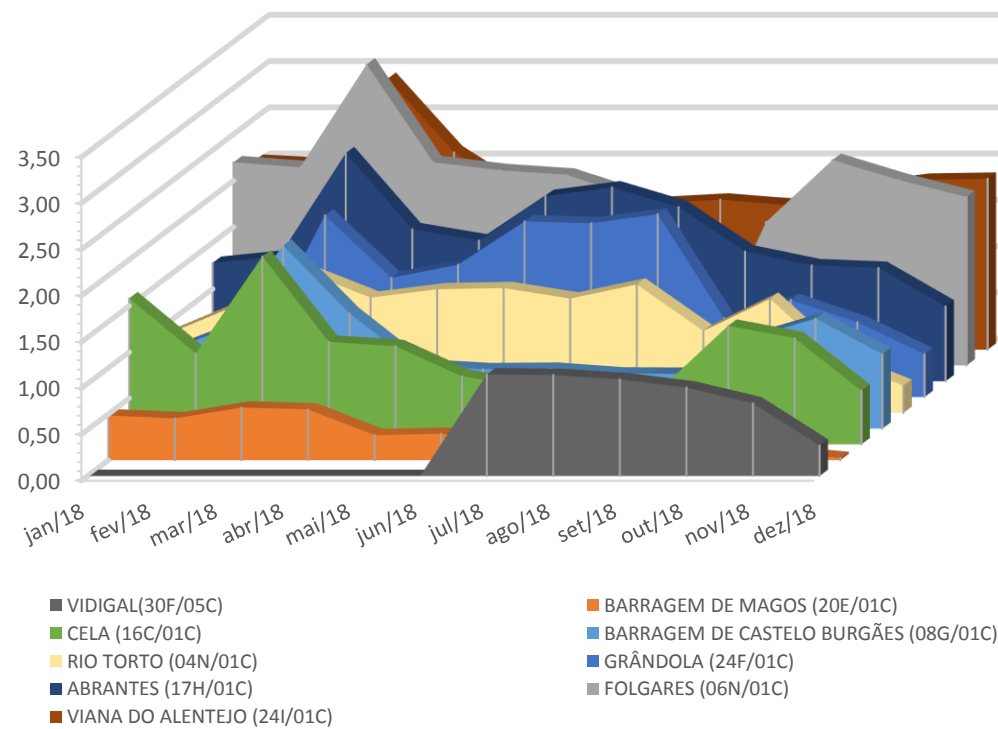
PRECIPITAÇÃO MÉDIA MENSAL (MM), EM PORTUGAL, POR ESTAÇÃO, EM 2018



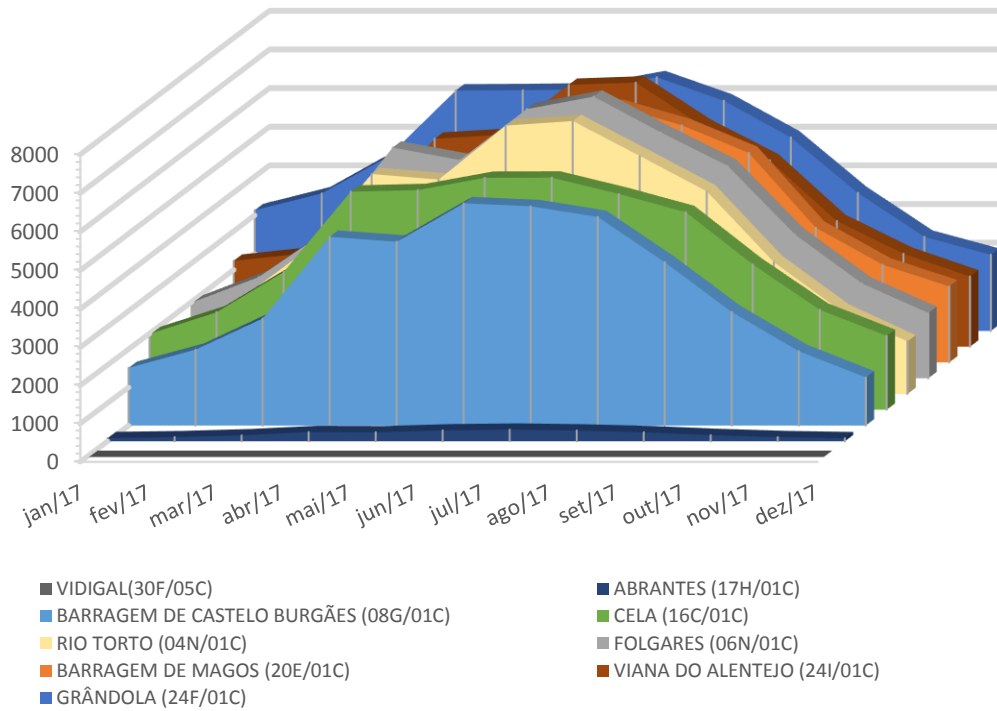
VELOCIDADE DO VENTO MÉDIA MENSAL (M/2), EM PORTUGAL, POR ESTAÇÃO, EM 2017



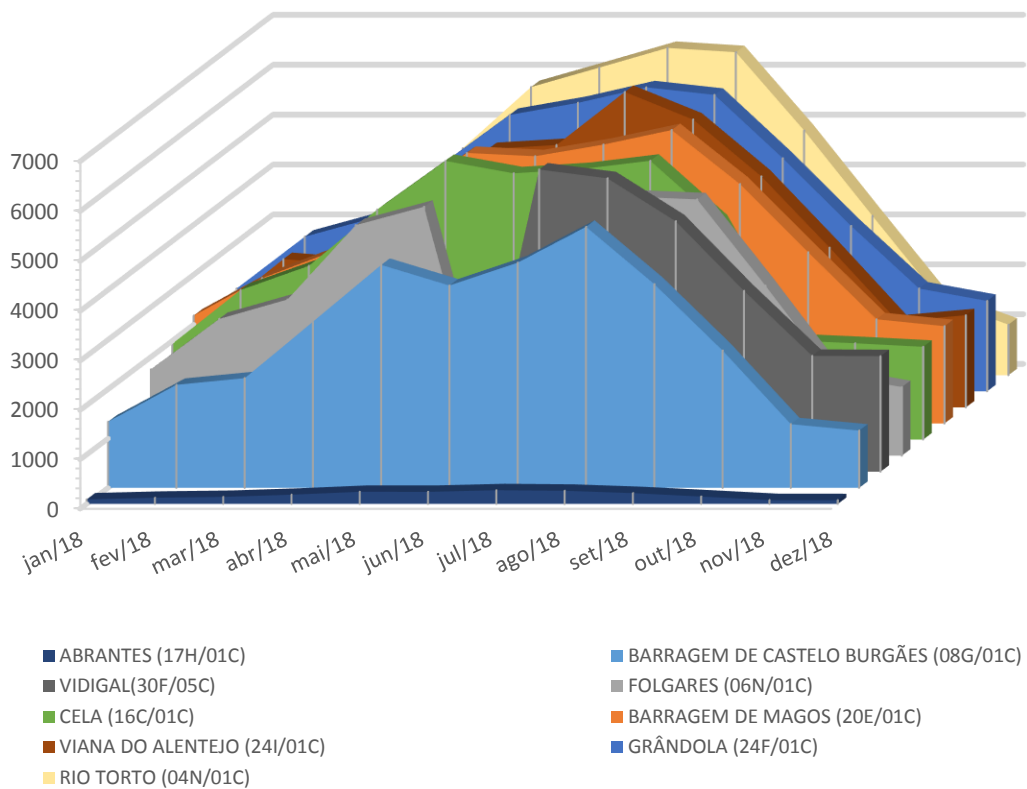
VELOCIDADE DO VENTO MÉDIA MENSAL (M/2), EM PORTUGAL, POR ESTAÇÃO, EM 2018



RADIAÇÃO MÉDIA DIÁRIA MENSAL (W/M2), EM PORTUGAL, EM 2017



RADIAÇÃO MÉDIA DIÁRIA MENSAL (W/M2), EM PORTUGAL, EM 2018



ANEXO III

Mês	Radiação solar	Temperatura do ar	Velocidade do vento	Precipitação	Número de horas de sol	Estação do ano	Mês escolhido
jan/17	1669,0	7,0	10,0	40,3	5,5	Inverno	
fev/17	1938,1	10,3	12,1	50,8	5,3		
mar/17	3287,9	12,1	11,5	48,4	7,5	Primavera	março
abr/17	4333,7	14,5	11,6	26,0	9,6		
mai/17	4941,6	18,6	11,4	38,0	9,4		
jun/17	5087,8	23,5	11,8	29,0	10,4	Verão	junho
jul/17	5299,3	24,2	11,5	19,0	10,9		julho
ago/17	4480,4	24,4	10,7	27,8	9,8	Verão	
set/17	3807,9	20,2	9,8	18,3	9,0		
out/17	2666,6	18,3	8,0	23,7	7,9	Outono	outubro
nov/17	1854,4	11,3	8,7	40,9	6,4		
dez/17	1457,8	8,0	10,6	52,2	4,8		

ANEXO IV

Mês escolhido	Radiação solar	Temperatura do ar	Velocidade do vento	Precipitação	Número de horas de sol	Estação do ano	Mês escolhido
jan/18	1505,5	8,6	10,9	63,5	4,8	Inverno	
fev/18	1874,2	7,0	10,6	69,1	5,3		
mar/18	2771,6	10,2	15,9	111,5	5,7	Primavera	março
abr/18	3853,1	13,6	13,1	78,3	7,3		
mai/18	4436,4	16,2	11,1	47,2	8,5		
jun/18	4347,9	20,6	11,1	45,1	9,3	Verão	junho
jul/18	5268,0	23,7	11,0	22,7	10,8		julho
ago/18	4641,7	24,9	10,5	16,8	10,5	Outono	
set/18	3652,8	22,5	9,3	28,7	8,9		
out/18	2497,1	16,0	10,1	95,4	6,5		outubro
nov/18	1551,7	11,5	10,2	86,2	4,3		
dez/18	1431,1	9,7	8,4	22,4	5,1		

