



## **Viabilidade da Participação do Consumo no Mercado de Reserva de Regulação**

**JOSÉ LUÍS BORGES GUEDES**

novembro de 2020

# VIABILIDADE DA PARTICIPAÇÃO DO CONSUMO NO MERCADO DE RESERVA DE REGULAÇÃO

José Luís Borges Guedes



Departamento de Engenharia Eletrotécnica  
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

**2020**



Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de DSEE -  
Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Candidato: José Luís Borges Guedes, Nº 1150907, 1150907@isep.ipp.pt

Orientação científica: Manuel Maria Pereira de Azevedo, mpa@isep.ipp.pt

Empresa: Ph Energia, Lda.

Supervisão: Aleksandra Krivoglazova, aleksandra.krivoglazova@energiasimples.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

**2020**



“Great men are not born great, they grow great...” – Don Vito Corleone



## *Agradecimentos*

Em primeiro lugar aos meus pais e ao meu irmão, pela oportunidade que me deram em ingressar no ensino superior, por toda a força e motivação e por estarem sempre presentes em todos os momentos da minha vida.

À minha namorada, companheira e amiga, que esteve sempre presente quando mais precisei de motivação, por todo o apoio e por nunca me deixares desistir.

A toda a minha família e amigos que sempre confiaram em mim, em especial aos meus colegas de faculdade que viveram estes momentos da mesma forma que eu.

Um enorme agradecimento ao Professor Doutor Manuel Azevedo por me dar a oportunidade de crescer e aprender no seio da PH Energia, e também à Engenheira Aleksandra Krivoglazova por todo o conhecimento transmitido, por todo o apoio e paciência, e por toda a orientação que me deu.

De outra forma, não seria possível.



## *Resumo*

Os mercados de eletricidade e gás natural na Europa encontram-se numa fase importante de transição, onde a garantia de um nível de concorrência elevado e de um aprovisionamento energético sustentável e seguro são os principais motores de atuação, sempre com o consumidor no centro de ação do mercado.

A participação do consumo no mercado de serviços de sistema é uma das soluções apresentadas a nível da União Europeia. No entanto, a falta de informações em tempo real ou em tempo quase real fornecidas aos consumidores sobre o seu consumo de energia tem impedido a sua participação ativa no mercado da energia e na transição energética.

Com este intuito, a ERSE aprovou no dia 15 de janeiro de 2019, as Regras do Projeto-Piloto de Participação do Consumo no Mercado de Reserva de Regulação, de forma a incentivar a participação do consumo no Mercado de Reserva de Regulação. Os resultados obtidos servirão de base para a revisão regulamentar do Mercado de Reserva de Regulação.

Numa primeira fase, foram analisadas as regras para participação neste mercado assim como os seus primeiros resultados. Posteriormente, estudou-se a posição que as instalações de consumo assumiram neste Projeto-Piloto e de que forma poderá evoluir. E por fim, através de uma análise a uma instalação individual, pretendeu-se entender de que forma as instalações de consumo poderão participar neste mercado no futuro.

A participação das instalações de consumo no Mercado de Reserva de Regulamento mostrou potencial de evolução, apesar da variabilidade e imprevisibilidade de mobilizações de Energia de Regulação, concluindo-se que a utilização de capacidade de armazenamento será essencial.

### *Palavras-Chave*

Serviços de Sistema; Mercados de Eletricidade; Reserva de Regulação; Consumo; Energia de Regulação.



## *Abstract*

The electricity and natural gas markets in Europe are at an important stage of transition, where ensuring a high level of competition and a sustainable and secure energy supply are the main drivers of action, always with the consumer at the center of market action.

The share of consumption in the system services market is one of the solutions presented at EU level. However, the lack of real-time, or near-real-time information provided to consumers about their energy consumption, has hindered their active participation in the energy market and energy transition.

To this end, ERSE approved the Rules of the Pilot Project for Consumption Participation in the Regulation Reserve Market on January 15<sup>th</sup>, 2019, in order to encourage the participation of consumption in the Regulation Reserve Market. The results obtained will serve as the basis for the regulatory review of the Regulation Reserve Market.

In a first phase, the rules for participation in this market, as well as its first results, were analyzed. Subsequently, we studied the position that the consumer facilities assumed in this Pilot Project and how it can evolve. Finally, through an analysis of an individual instillation, it was intended to understand how consumer instillations will be able to participate in this market in the future.

The participation of consumption facilities in the Regulation Reserve Market showed potential for evolution, despite the variability and unpredictability of Balancing Energy mobilizations, concluding that the use of storage capacity will be essential.

### ***Keywords***

Ancillary Services; Electricity Markets; Regulation Reserve; Consumption; Balancing Energy



# Índice

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>ACRÓNIMOS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1.ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO.....	1
1.2.OBJETIVOS.....	2
1.3.ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	3
<b>2. ENQUADRAMENTO REGULATÓRIO EUROPEU SOBRE MERCADOS DE REGULAÇÃO</b> <b>5</b>	
2.1.REGULAMENTO (UE) 2017/1485.....	6
2.2.REGULAMENTO (UE) 2017/2195.....	7
2.3.MERCADOS DE REGULAÇÃO NA UNIÃO EUROPEIA .....	8
2.3.1. <i>Agentes de mercado</i> .....	9
2.3.2. <i>Desvios</i> .....	10
2.4.PROJETO TERRE .....	11
<b>3. REGULAÇÃO DE FREQUÊNCIA EM PORTUGAL</b> .....	<b>15</b>
3.1.CONTROLO DE FREQUÊNCIA .....	16
3.1.1. <i>Reserva de Regulação Primária ou Reserva de Contenção de Frequência (FCR)</i> .....	18
3.1.2. <i>Reserva de Regulação Secundária ou Reserva de Restauração de Frequência (FRR)</i> .....	19
3.1.3. <i>Reserva de Regulação ou Reserva de Regulação Terciária</i> .....	19
3.2.MERCADO DE RESERVA DE REGULAÇÃO .....	21
3.2.1. <i>Apresentação e atualização de ofertas de Reserva de Regulação</i> .....	22
3.2.2. <i>Contratação da Reserva de Regulação</i> .....	22
3.2.3. <i>Valorização do serviço mobilizado</i> .....	24
3.2.4. <i>Divulgação de Informação</i> .....	24
<b>4. PARTICIPAÇÃO DO CONSUMO NO MERCADO DE RESERVA DE REGULAÇÃO</b> .....	<b>25</b>

4.1.PROJETO PILOTO DE PARTICIPAÇÃO DO CONSUMO NO MERCADO DE RESERVA DE REGULAÇÃO .....	26
4.1.1. <i>Enquadramento</i> .....	26
4.1.2. <i>Regras e Condições de Participação</i> .....	26
4.1.3. <i>Primeiros Resultados do Projeto Piloto</i> .....	28
4.1.4. <i>Preços e quantidades mobilizadas de reserva de regulação durante a execução do Projeto</i> 31	
4.1.5. <i>Análise de Benefícios obtidos pelas Instalações de Consumo durante o Projeto</i> .....	34
4.1.6. <i>Impacto do Consumo na formação do Preço no Mercado de Reserva de Regulação</i> .....	36
4.2.FIGURA DO AGREGADOR OU FACILITADOR DO MERCADO .....	37
<b>5. PARTICIPAÇÃO INDIVIDUAL DE UMA UNIDADE CONSUMIDORA NO MERCADO DE REGULAÇÃO .....</b>	<b>39</b>
5.1.QUANTIDADES DE ENERGIA MOBILIZADAS PELA ASLVAYS E VALORIZAÇÃO DA ENERGIA DE REGULAÇÃO – AGOSTO 2019 .....	41
5.2.QUANTIDADES DE ENERGIA MOBILIZADAS PELA ASLVAYS E VALORIZAÇÃO DA ENERGIA DE REGULAÇÃO – JANEIRO 2020 .....	46
5.3.AVALIAÇÃO DA PARTICIPAÇÃO DA ASLVAYS E PREVISÕES PARA FUTUROS PARTICIPANTES .....	51
<b>6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO A. DADOS DE MERCADO REFERENTES A AGOSTO DE 2019 .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO B. DADOS DE MERCADO REFERENTES A JANEIRO DE 2020.....</b>	<b>63</b>

## Índice de Figuras

Figura 1 – Funcionamento do TERRE – <i>Trans-European Replacement Reserves Exchange</i> , retirado de [15].	11
Figura 2 - Estrutura do Produto de Equilíbrio normalizado [15]	13
Figura 3 - Energia Mobilizada em Reserva de Regulação a subir [MWh] [31].	29
Figura 4 - Energia Mobilizada em Reserva de Regulação a Baixar [MWh] [31].	29
Figura 5 – Preços médios ponderados das mobilizações de Reserva de Regulação em ambos os sentidos [31].	30
Figura 6 - Energia total mobilizada pelas instalações consumidoras no âmbito da sua participação no Projeto-Piloto [32].	32
Figura 7 - Percentagem da energia mensal mobilizada em relação às ofertas apresentadas em ambos os sentidos [32].	32
Figura 8 - Preço médio ponderado da energia de regulação mobilizada entre julho de 2019 e março de 2020 [32].	33
Figura 9 - Horas em que as instalações consumidoras marcaram o preço durante o período de análise [32].	34
Figura 10 - Distribuição dos proveitos estimados pelas instalações de consumo [32].	35
Figura 11 - Comparação do preço médio marginal do Mercado de Reserva de Regulação a subir com e sem a participação do consumo [32].	36
Figura 12 - Comparação do preço médio marginal do Mercado de Reserva de Regulação a descer com e sem a participação do consumo [32].	37
Figura 13 - Volume de energia mobilizada pela ASLVAYS em agosto de 2019.	42

Figura 14 - Energia de regulação mobilizada pela ASLVAYS no dia 5 de agosto de 2019	42
Figura 15 - Energia de regulação mobilizada pela ASLVAYS a 24 de agosto de 2019.	43
Figura 16 - Comparação dos preços médios do Mercado de Reserva de Regulação e do Mercado SPOT em agosto de 2019	44
Figura 17 - Energia valorizada no Mercado de RR vs Energia valorizada no mercado SPOT em agosto de 2019	45
Figura 18 - Energia de Regulação mobilizada pela ASLVAYS em janeiro de 2020	46
Figura 19 - Energia de regulação mobilizada pela ASLVAYS a 24/jan de 2020	47
Figura 20 - Energia de regulação mobilizada pela ASLVAYS a 28/jan de 2020	48
Figura 21 - Comparação dos preços médios do Mercado de Reserva de Regulação e do Mercado SPOT em janeiro de 2020	49
Figura 22 - Energia valorizada no Mercado de RR vs Energia valorizada no mercado SPOT - janeiro de 2020	50

## *Índice de Tabelas*

Tabela 1 - Pagamento de energia de regulação.	10
Tabela 2 - Pagamento de Desvios	10
Tabela 3 - Data de início da participação das primeiras 6 instalações consumidoras no Projeto-Piloto [31].	40
Tabela 4 - Instalações de consumo que entraram em operação no Projeto-Piloto [31].	40



## *Acrónimos*

ACER	–	Agency for the Cooperation of Energy Regulators
aFRR	–	Automatic Frequency Restoration Reserve
BRP	–	Balancing Responsible Party
BSP	–	Balancing Service Provider
ENTSO-E	–	Rede europeia de Operadores de Rede de Transporte)
ERSE	–	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FCR	–	Frequency Containment Reserve
GGG	–	Gestor Global do Sistema
MPGGS	–	Manual de Procedimentos da Gestão Global do Sistema
mFRR	–	Manual Frequency Restoration Reserve
ORD	–	Operador de Rede de Distribuição
ORT	–	Operador de Rede de Transporte
REN	–	Redes Energéticas Nacionais
RR	–	Reserva de Reposição
SEN	–	Sistema Elétrico Nacional
TERRE	–	Trans-European Replacement Reserve Exchange
TSO	–	Transmission System Operator
UE	–	União Europeia



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. ENQUADRAMENTO E MOTIVAÇÃO

Os mercados de eletricidade e gás natural na Europa encontram-se numa fase importante de transição, onde a garantia de um nível de concorrência elevado e de um aprovisionamento energético sustentável e seguro são os principais motores de atuação, sempre com o consumidor no centro de ação do mercado.

Neste sentido, a construção de um mercado interno de eletricidade, disposto na Diretiva da União Europeia (UE) 2019/944 do Parlamento Europeu e do Conselho, a nível europeu é a solução corrente para aumentar a competitividade e centrar os mercados de eletricidade no consumidor. Tem como principal objetivo garantir um mercado funcional com acesso justo e um alto nível de proteção dos consumidores, bem como níveis adequados de interligação e de capacidade produtiva.

A participação do consumo no mercado de serviços de sistema é uma alternativa recorrente na Europa, pois o papel dos consumidores é essencial para se atingir o grau de flexibilidade necessário para adaptar a rede de eletricidade a uma produção de eletricidade renovável, variável e distribuída. A concorrência nos mercados de retalho será essencial para garantir a implantação de novos serviços inovadores, orientados para o mercado, dirigidos às necessidades e às capacidades em constante evolução dos consumidores, aumentando simultaneamente a flexibilidade do sistema.

No entanto, a falta de informações em tempo real ou em tempo quase real fornecidas aos consumidores sobre o seu consumo de energia tem impedido a sua participação ativa no mercado da energia e na transição energética. Neste sentido, a participação do consumo é dependente da evolução tecnológica de sistemas de informação em tempo-real, como por exemplo os contadores inteligentes, de forma a permitir um controlo rigoroso da própria instalação ou da entidade que a representa no mercado [1].

De modo a integrar o consumo nos Mercados de Eletricidade em Portugal, foi criado um Projeto-Piloto de Participação do Consumo no Mercado de Reserva de Regulação e aprovado pela ERSE (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos) a 15 de janeiro de 2019, com vista a inserir as instalações de consumo neste mercado. No entanto, apenas instalações que possuam uma capacidade produtiva de pelo menos 1MW poderão participar neste mercado.

Esta limitação não permite o aproveitamento total do potencial oferecido pelos consumidores em Portugal, por isso, nesta dissertação, será analisada o papel das instalações consumidoras já participantes neste projeto, de forma a se conseguir perceber de que forma pequenos consumidores poderão participar neste mercado.

## **1.2. OBJETIVOS**

A presente dissertação tem como principais objetivos a compreensão, a nível Europeu e de Portugal, da posição do consumidor nos mercados de Energia, estudar de que forma o consumo se comportou na primeira fase de execução do Projeto-Piloto de Participação do Consumo no Mercado de Reserva de Regulação, e quais os benefícios que os consumidores poderão retirar desta participação.

Numa primeira fase, será feita uma abordagem internacional, olhando para os objetivos atuais apresentados pela União Europeia, os mecanismos desenvolvidos para a realização dos mesmos objetivos e de que forma se aplicam em Portugal.

Depois, é necessário referenciar o funcionamento dos Serviços de Sistema de Controlo de Frequência, visto que o mercado em estudo é o de Reserva de Regulação. Perceber como estão dispostos os mecanismos de Regulação de Frequência em Portugal e o estado atual do Mercado de Reserva de Regulação.

Sendo assim, é preciso posteriormente inserir o Consumo neste mercado, analisando o Projeto-Piloto aprovado pela ERSE, analisar os primeiros resultados, e identificar o papel que o agregador de consumo terá na representação dos consumidores.

Analisar a presença de uma instalação de consumo com grande disponibilidade e entender o impacto que tem no mercado, o que beneficia comercializando energia de regulação e perceber de que forma pequenos e futuros consumidores poderão ser inseridos no mesmo.

### **1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

A presente dissertação é composta por capítulos, sendo estes descritos de forma sucinta:

Capítulo 1 – Introdução: exposição do tema em estudo, a motivação para a realização desta tese, os principais objetivos a atingir e a organização estrutural da dissertação.

Capítulo 2 – Enquadramento Regulatório Europeu: apresentação da atual situação europeia em relação aos mercados de energia, os regulamentos que regem as operações na rede e a ambição do mercado único europeu e a estrutura do projeto europeu de partilha de Reserva de Regulação.

Capítulo 3 – Mecanismos de Segurança de Rede em Portugal – enquadramento dos mecanismos de regulação de frequência em Portugal, funcionamento das Reservas de Controlo de Frequência, referência da participação do consumo no mercado através dos contratos de interruptibilidade e a estrutura atual do Mercado de Reserva de Regulação.

Capítulo 4 – Participação do Consumo do Mercado de Reserva de Regulação – enquadramento legislativo do Projeto-Piloto aprovado pela ERSE que insere o consumidor no Mercado de Reserva de Regulação, a análise dos primeiros resultados do projeto e o papel do agregador nos mercados energéticos.

Capítulo 5 – Análise de uma instalação de consumo com presença na fase de execução do Projeto-Piloto, de forma a se perceber o volume e a disponibilidade das mobilizações de energia, assim como os seus benefícios com as mesmas. Perceber de que forma o consumo pode ser parte integrante deste mercado.

Capítulo 6 – Conclusões obtidas através das análises realizadas nos capítulos anteriores, e reflexão sobre trabalhos futuros a desenvolver neste âmbito.

## 2. ENQUADRAMENTO REGULATÓRIO EUROPEU SOBRE MERCADOS DE REGULAÇÃO

O aumento da implantação de Fontes de Energia Renováveis, incrementa a incerteza da operação do sistema de energia. De forma a resolver este problema os Operadores de Rede de Transporte (ORT) assim como os Operadores da Rede de Distribuição (ORD) necessitam de adquirir Serviços de Sistema [2].

Para garantir a viabilidade e a estabilidade do sistema elétrico, a produção tem de corresponder em todos os momentos a procura do lado do consumo, de forma a manter o funcionamento nominal da rede em termos de frequência e de tensão [3].

Os Mecanismos de Segurança da Rede ou Serviços de Sistema são a ferramenta utilizada para garantir este equilíbrio entre a produção e o consumo, sendo obrigatórios para um funcionamento íntegro do sistema de transporte e distribuição de Energia.

No que toca ao controlo de frequência os Operadores de Rede de Transporte utilizam serviços de regulação, denominados como Reservas de Contenção de Frequência, para implantar energia de regulação na rede. Esta energia de regulação é a capacidade de produção ou de consumo, que é adicionada ou retirada da rede em casos de instabilidade de frequência na rede [2].

Os mecanismos de equilíbrio de frequência definidos pela ENTSO-E (Rede europeia de Operadores de Rede de Transporte) subdividem-se em 4 grupos [4]:

- Reserva de Contenção de Frequência (Frequency Containment Reserve – *FCR*) ou Reserva de controlo primário;
- Reserva Automática de Restauração de Frequência (automatic Frequency Restoration Reserve - *aFRR*) ou Reserva de controlo secundária;
- Reserva Manual de Restauração de Frequência (manual – Frequency Restoration Reserve - *mFRR*)
- Reserva de Reposição (*RR*).

Apesar da nomenclatura e definição destes serviços de equilíbrio poderem variar de país para país dentro da União Europeia, as regras sobre o funcionamento das redes de transporte de eletricidade e seus serviços de sistema foram estabelecidas de igual forma em toda União Europeia de acordo com o Regulamento (UE) 2017/1485 de 2 agosto de 2017 [5].

## **2.1. REGULAMENTO (UE) 2017/1485**

O presente regulamento [6] de 2 de agosto de 2017, estabelece orientações sobre:

- A operação de redes de transportes de eletricidade quanto aos requisitos e princípios relativos à segurança operacional;
- Regras e responsabilidades relativas à coordenação e à troca de dados entre *ORT*'s, e entre *ORT*'s e *ORD*'s no planeamento operacional e na operação em tempo quase real;
- Regras relativas à formação e à certificação do pessoal dos operadores de rede;

- Requisitos relativos à coordenação de indisponibilidades e à programação entre zonas de controlo dos ORT e relativas ao estabelecimento de um quadro da União Europeia no domínio do controlo de potência – frequência e das reservas.

Apesar de cada país denominar os seus mecanismos de segurança operacional e de controlo de potência e frequência, as regras gerais dispostas neste regulamento garantem uma uniformização de grandezas nos sistemas elétricos de energia com o principal intuito da criação do mercado europeu único.

Portanto, os principais objetivos deste regulamento são o estabelecimento de requisitos comuns de segurança operacional assim como princípios comuns de planeamento operacional das redes interligadas, criação de estruturas de controlo e processos de controlo potência-frequência comuns na UE promovendo a coordenação na operação da rede e no planeamento operacional.

## **2.2. REGULAMENTO (UE) 2017/2195**

Para além dos requisitos comuns estabelecidos no Regulamento (UE) 2017/1485 que garantem os mecanismos de segurança necessários nos países da União Europeia, uma forma de aumentar a flexibilidade do sistema é comercializando estes serviços de sistema entre os vários ORT vizinhos.

Com isto, surgiu o Regulamento (UE) 2017/2195 [7], onde estão dispostas as orientações sobre o equilíbrio do sistema elétrico, incluindo o estabelecimento de princípios comuns para a contratação e a liquidação de reservas de contenção da frequência, reservas de restabelecimento de frequência e reservas de reposição, assim como uma metodologia comum para a ativação de reservas de restabelecimento de frequência e de reservas de reposição.

Este Regulamento foi criado através do trabalho conjunto entre várias entidades da União Europeia, a Agência de Cooperação dos Reguladores de Energia (ACER), algumas autoridades reguladoras nacionais e ORT pertencentes à ENTSO-E, sendo considerado como o guião que estabelece as orientações relativas ao equilíbrio do sistema elétrico [2].

Com este Regulamento surgiu a criação de plataformas comuns à União Europeia para o processo de coordenação de desvios e para troca de energia de regulação proveniente de reservas de estabelecimento de frequência e de reservas de reposição.

### **2.3. MERCADOS DE REGULAÇÃO NA UNIÃO EUROPEIA**

Aliados aos serviços de sistema, e de forma a tornar o mercado mais competitivo, foram criados mercados de energia de regulação, como por exemplo o mercado de reserva de regulação.

Estes mercados são plataformas de transação de energia que tem como principal objetivo o fornecimento de reservas de regulação necessárias para o bom funcionamento do sistema. Um dos principais objetivos dos mercados de regulação, é estabelecer um mecanismo, que de forma eficiente, permita que todos as partes interessadas possam participar no mercado de regulação [8].

Segundo o Regulamento UE 2017/2195 [7], os serviços de regulação comercializados podem ser energia de regulação, capacidade de regulação ou ambas e cada ORT é responsável pela contratação desses serviços:

- Por energia de regulação entende-se a energia utilizada pelos ORT na compensação, fornecida por um agente de mercado habilitado a participar nos serviços de regulação [7].
- Por capacidade de regulação, entende-se a quantidade em reserva que os agentes de mercado habilitados a prestar esse serviço, se comprometem a apresentar ao ORT, durante o período do contrato, para fornecer a quantidade correspondente de energia de regulação [7].

O Mercado de Regulação pode ser dividido em três fases principais: o planeamento, a prestação do serviço e por fim a liquidação dos desvios.

Numa primeira fase de planeamento, os BRP's (Balancing Responsible Parties), enviam as suas programações para o ORT no dia anterior à prestação de serviço. Durante a fase de prestação de serviço, os BSP's (Balancing Service Providers) enviam as ofertas de regulação para o ORT de modo a que este adquira as ofertas por ordem de preço, garantindo o equilíbrio do sistema. Por fim, ocorre a liquidação dos desvios gerados pelos BRP's [9].

No momento da contratação da capacidade de reserva existente, esta é transformada em energia de regulação capaz de assegurar o equilíbrio do consumo e da produção tendo em conta as perdas de energia no transporte. Quanto maior a penetração de fontes de energia renovável no sistema, maior é a necessidade de aumentar esta capacidade de reservas, dado a sua incerteza produtiva. Deste modo, os agentes participantes nos mercados de serviços de sistema garantem a segurança a curto prazo da rede [10].

### **2.3.1. AGENTES DE MERCADO**

Existem quatro agentes principais nos mercados de regulação na União Europeia, os BRP, os ORT, os BSP e as entidades reguladoras [11].

Os BRP, são os agentes de mercado responsáveis pela manutenção do equilíbrio numa determinada área de balanço e são os agentes responsáveis pela liquidação dos desvios. Possuem habilitação para prestar serviços de regulação e enviam ao ORT as programações de energia para o dia seguinte [7][11].

Os ORT para além de serem responsáveis por todas as operações nas redes de transporte, tem o poder de ativar os serviços de regulação mediante as necessárias do sistema em tempo real. É o agente responsável por determinar a quantidade de reserva necessária e pela determinação do preço da reserva contratada [11].

Os BSP, são os agentes habilitados a prestar o serviço de regulação, tem a responsabilidade de fornecer a capacidade e/ou a energia de regulação, mediante ordens do ORT. Têm o dever de fornecer a energia de acordo com os requisitos técnicos acordados com o ORT mediante o contrato de serviço. Por norma, estes agentes são produtores de energia, mas a participação do consumo é cada vez mais uma solução [11][12].

A remuneração recebida pelos BSP dependerá da direção de ativação da reserva. Se for no sentido a subir, aumento de produção ou diminuição do consumo, o ORT deverá pagar ao BSP. No entanto, se ocorrer na direção contrária, a descer, diminuição da produção ou aumento do consumo, o BSP terá de pagar ao ORT [11][13].

As entidades reguladoras por sua vez, para além de estruturarem o mercado de regulação, monitorizam a existência de poder de mercado e determinam a fórmula de preços para os desvios. Em Portugal, a entidade reguladora é a ERSE, Entidade Reguladora de Serviços Energéticos [11].

### 2.3.2. DESVIOS

Segundo as definições presentes no artigo 2.º do Regulamento EU 2017/2195 [7], um desvio é “uma quantidade de energia calculada para um agente de mercado responsável pela liquidação dos desvios e correspondente à diferença entre a quantidade atribuída a essa parte responsável e a posição final da mesma parte, incluindo os ajustamentos de desvios aplicados ao dito agente responsável, num dado período de liquidação de desvios”.

Na União Europeia, o preço de energia de regulação ativada para os processos de restabelecimentos da frequência e reposição de reservas, é definido para cada sentido de ativação, de acordo com a Tabela 1 adaptada do artigo 46.º do Regulamento EU 2107/2195 [7].

Tabela 1 - Pagamento de energia de regulação.

	Preço da energia de regulação positivo	Preço da energia de regulação negativo
Energia de Regulação Positiva	Pagamento do ORT ao BSP	Pagamento do BSP ao ORT
Energia de Regulação Negativa	Pagamento do BSP ao ORT	Pagamento do ORT ao BSP

O cálculo dos desvios é feito pelo ORT responsável pela zona de programação, sendo que os desvios devem referir a dimensão e o sentido de liquidação entre o agente de mercado responsável pela liquidação dos desvios e o ORT [7].

Existe assim dois tipos de desvios: negativos, quando ocorre um défice do agente de mercado responsável pela liquidação de desvios; e positivo, quando ocorre um excedente do agente de mercado responsável pela liquidação dos desvios [7].

É responsabilidade do ORT estabelecer regras de cálculo do preço de desvio, de acordo com a Tabela 2 adaptada do artigo 55.º do Regulamento EU 2017/2195 [7].

Tabela 2 - Pagamento de Desvios

	Preço de desvio positivo	Preço de desvio negativo
Desvio positivo	Pagamento do ORT ao BRP	Pagamento do BRP ao ORT
Desvio negativo	Pagamento do BRP ao ORT	Pagamento do ORT ao BRP

Este mecanismo financeiro de liquidação de desvios é uma forma de garantir que os agentes de mercado responsáveis pela liquidação dos desvios, incentivem a compensação do sistema de modo eficiente [7].

## 2.4. PROJETO TERRE

O projeto TERRE (Trans European Replacement Exchange) é o projeto de implementação europeu de trocas no Mercado de Reserva de Reposição de acordo com o *Electricity Balancing Guideline* – Regulamento EU 2017/2195 [7], [14].

Como já referido anteriormente, este regulamento estabelece uma orientação detalhada sobre o equilíbrio de energia na Europa, definindo os princípios comuns para as contratações públicas e liquidações das Reservas de Controlo de Frequência, onde se insere a Reserva de Reposição [4].

Portugal é um dos países que faz parte deste projeto, a REN (Redes Energéticas Nacionais) é o operador de sistema português responsável por definir mecanismos de implementação das medidas necessárias para o funcionamento do TERRE [14].

Este projeto foi oficialmente lançado no dia 6 de janeiro de 2020 pelos operadores de sistema de 8 países europeus: República Checa, Reino Unido, Polónia, Espanha, Portugal, França, Suíça e Itália [14].

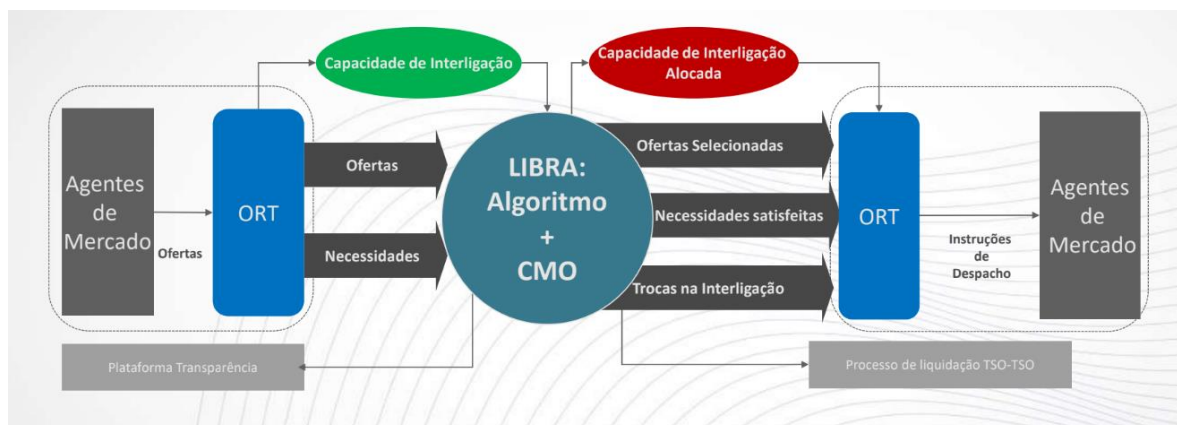


Figura 1 – Funcionamento do TERRE – *Trans-European Replacement Reserves Exchange*, retirado de [15].

Como é possível ver na Figura 1, esta plataforma recolhe as informações dadas pelos ORT, que por sua vez transmitem as ofertas realizadas pelos agentes de mercado. Tendo em conta as ofertas, as necessidades e as capacidades de interligação, este algoritmo encarrega-se de

realizar a alocação de reserva de acordo com os pedidos dos ORT, estes por sua vez através de instruções de despacho servem os agentes de mercado.

O principal objetivo do projeto, usando a plataforma LIBRA, é reunir todas as ofertas de Reserva de Reposição provenientes dos ORT dos mercados locais, e alocar de forma otimizada a Reserva de Reposição de forma a cobrir as necessidades de todos os ORT participantes no projeto.

Desta forma, alguns dos benefícios esperados pela atuação deste projeto são [15]:

- A integração dos mercados europeus e a promoção de trocas no mercado de equilíbrio europeu, considerando as medidas de segurança operacional dispostas no Regulamento (EU) 2017/2195;
- Melhorar a eficiência do equilíbrio dos mercados, quer a nível nacional, quer a nível regional. Consequentemente melhorará a nível Europeu;
- Assegurar que a procura destes serviços de equilíbrio é justa. Transparente e baseada no mercado.;
- A otimização do uso das interligações;
- Fomentar a liquidação dos mercados de equilíbrio;
- Facilitar a participação de serviços de Gestão Ativa da Procura, bem como fontes de energia renováveis;

Devido às diferenças existentes nos vários países da Europa no que toca às reservas de manutenção de frequência foi preciso definir um produto a ser comercializado neste mercado de regulação, e segundo as definições presentes no artigo 2º do Regulamento (EU) 2017/2195 entende-se por “produto normalizado” um produto de compensação harmonizado definido pelos ORT para troca de serviços de regulação [7].

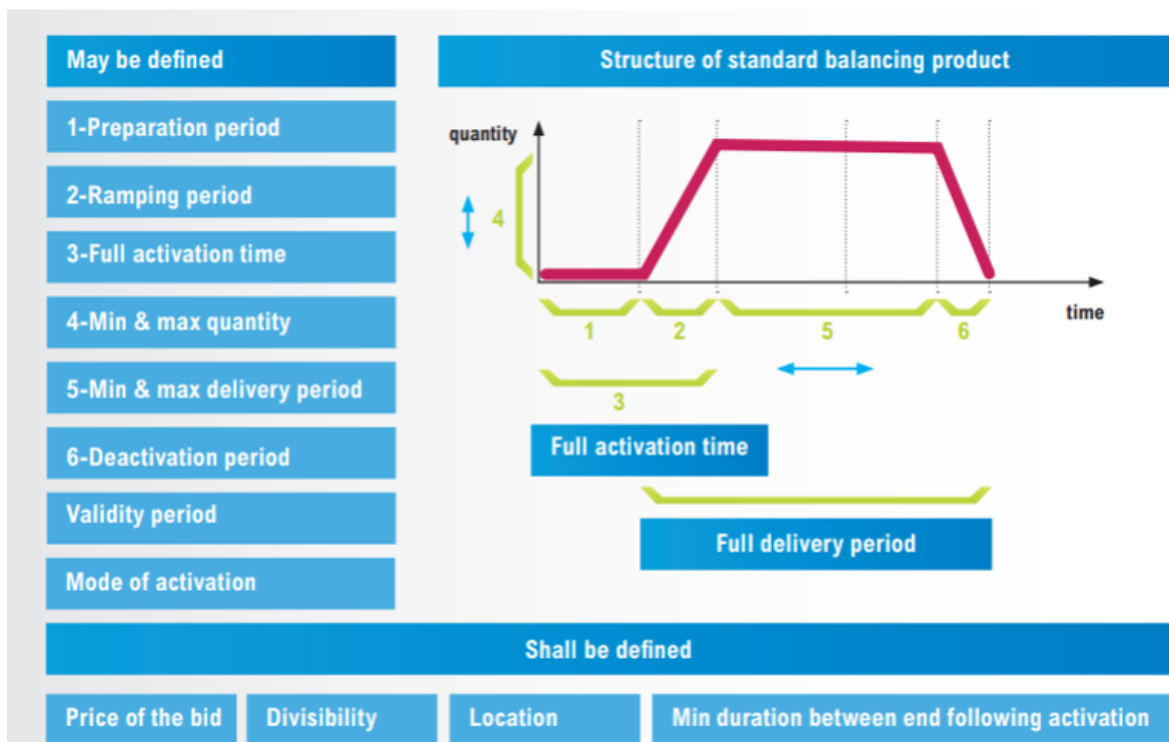


Figura 2 - Estrutura do Produto de Equilíbrio normalizado [15]

Através da Figura 2 é possível observar os parâmetros estabelecidos no Regulamento (EU) 2017/2195 [7] para caracterizar o produto a ser comercializado nos Mercados de Regulação, sendo que no caso do Projeto TERRE os valores são:

- (1) Período de Preparação – de 0 a 30 minutos
- (2) Período de Rampa – de 0 a 30 minutos
- (3) O tempo total de ativação – 30 minutos
- (4) A quantidade mínima e máxima – Existe apenas o limite mínimo de 1 MW
- (5) O período máximo e mínimo de entrega – Limite mínimo de 15 minutos e máximo de 60 minutos
- (6) Período de desativação
- Período de validade
- Modo de ativação

Para além disso os fornecedores deste serviço de equilíbrio devem colocar na lista de produto, o preço da oferta, a sua divisibilidade, a localização e a duração mínima entre o final e o início de uma ativação.



### 3. REGULAÇÃO DE FREQUÊNCIA EM PORTUGAL

A liberalização do setor elétrico e as mudanças nos modelos de mercado de energia, implementaram mecanismos de compra e venda de energia, e para além disso, a comercialização de serviços transcendentais à energia elétrica como os Serviços de Sistema.

O panorama anterior, baseado na produção e consumo de energia, onde a havia uma rigidez por parte da carga, e a produção teria de cobrir as necessidades do consumo, foi evoluindo para uma visão de mercado onde serviços de garantia de qualidade do setor elétrico e de risco são comercializados. A função dos Serviços de Sistema evoluiu a par desta reestruturação, assumindo importância na garantia de qualidade e fiabilidade do sistema elétrico, desta forma foram criados mercados próprios para a realização de transações de alguns destes serviços [16].

Tendo em conta a Diretiva EU 2019/944 [17], os serviços de sistema são “serviços necessários para a exploração da rede de transporte ou de distribuição, nomeadamente os

serviços de balanço e serviços de sistema não associados à frequência, excluindo a gestão do congestionamento”.

Estes Serviços de Sistema garantem a qualidade e fiabilidade do sistema elétrico. São o recurso explorado com o intuito de evitar problemas de operação do sistema. A ocorrência de um grande desequilíbrio entre a produção e o consumo poderia levar ao colapso do sistema, assim como desequilíbrios com ordens de grandeza menor também apresentam ameaças ao bom funcionamento do sistema energético [7], [18], [19].

Desta forma, surge a separação entre serviços de sistema relacionados à frequência e os não relacionados à frequência. Na Europa, os serviços de sistema não relacionados à frequência são utilizados por um ORT ou por um ORD.

Em Portugal são utilizados dois serviços de sistema não associados à frequência, o Controlo de Tensão e o Black Start [3].

Na presente dissertação apenas serão abordados os serviços de sistema de controlo de frequência.

### **3.1. CONTROLO DE FREQUÊNCIA**

O controlo de frequência é um serviço de sistema que tem como objetivo garantir, a curto prazo, o equilíbrio entre a produção e o consumo, estabilizando a frequência do sistema elétrico no seu valor nominal, 50 Hz, ou dentro dos valores estabelecidos para o bom funcionamento do sistema [11], [20].

O método utilizado para controlar a frequência deste sistema é o uso de reservas de regulação. Estas caracterizam-se por possuírem rampas de ativação diferentes e que são utilizadas em degraus temporais sucessivos assim como mecanismos de controlo diferenciados [8], [21].

Com o objetivo presente do mercado único Europeu, a União Europeia tem como intuito a integração dos mercados de regulação dos seus países constituintes, e para tal diversas entidades trabalham na elaboração de códigos de rede comuns. A ACER e a ENTSO-E são duas entidades que em conjunto com as instituições da União Europeia colaboram nesta integração [2].

Os regulamentos da EU 2017/1485 [6] e EU 2017/2195 [7] apresentados no Capítulo 2 da presente dissertação têm presentes as denominações atuais para os serviços de sistema de controlo de frequência existente na Europa.

Desta forma, em Portugal deixará de existir as nomenclaturas de Reservas Primária, Secundária e Terciária para entrarem em vigor a Reserva de Contenção de Frequência, Reservas de Restabelecimento de Frequência e Reserva de Reposição [6], [7], [11], [22].

Para já, as reservas do Sistema Elétrico Nacional estão divididas em Reservas de Regulação Primária, Secundária e Terciária, e o ORT é a entidade com a responsabilidade de garantir os valores de reserva de potencia necessários em conformidade com a legislação [10], [23].

Em termos de Regulação, a todo o momento, de forma a garantir a estabilidade do sistema é necessário verificar-se [24]:

$$\sum R_{Subir} - \sum R_{baixar} = \sum D_{Defeito} - \sum R_{Excesso} \quad (3.1)$$

Onde,

- $R_{Subir}$  - Energia mobilizada de regulação a subir [MWh];
- $R_{Baixar}$  - Energia mobilizada de regulação a baixar [MWh];
- $D_{Defeito}$  - Energia de desvio por defeito [MWh];
- $D_{Excesso}$  - Energia de desvio por excesso [MWh].

Deste modo, é possível dizer que os serviços para a regulação de frequência existem como energia mobilizada de regulação a subir e a descer. Sendo a reserva de regulação a subir disponível a diferença entre o limite técnico superior de produção e o valor de potência contratada nos mercados organizados, e a reserva de regulação a descer disponível a diferença entre o limite técnico inferior da unidade física e a potência contratada nos mercados organizados [24].

Os desvios por sua vez são o resultado de variações do consumo ou da produção. O desvio por excesso são o resultado de consumos inferiores ou produções superiores ao programado,

e os desvios por defeito o resultado de consumos superiores e produções inferiores ao programado [25].

### **3.1.1. RESERVA DE REGULAÇÃO PRIMÁRIA OU RESERVA DE CONTENÇÃO DE FREQUÊNCIA (FCR)**

A reserva de regulação primária é um serviço de sistema de carácter obrigatório e não remunerado fornecido pelos geradores em serviço e tem por objetivo corrigir automaticamente os desequilíbrios instantâneos entre a produção e o consumo, é ativado normalmente em desvios de 200 mHz. Este serviço é realizado através da variação de potência dos geradores de forma imediata e autónoma por atuação dos reguladores de velocidade das turbinas como resposta às variações da frequência [23], [26].

Contudo estas reservas para conseguirem voltar ao seu valor nominal, necessitam da atuação da reserva de restauração de frequência ou reserva de regulação secundária [11], [23].

Os tempos de ativação desta reserva variam em função dos valores dos desvios de frequência que ocorrem no sistema. Para desvios inferiores a 100 mHz o tempo de ativação é inferior a 15 segundo, enquanto para desvios com valores entre os 100 e os 200 mHz o tempo de ativação varia entre os 15 e os 30 segundos [23].

O GGS (Gestor Global do Sistema) determina e publica os valores da reserva de contenção de frequência para o SEN (sistema elétrico Nacional), de acordo com o valor mínimo desta reserva estabelecido pela ENTSO-E. Este valor é repartido pelos vários sistemas síncronos dos países que colaboram para o sistema interligado europeu [23].

A equação 3.2 é utilizada para calcular a reserva de regulação primária necessária num ano para o SEN [23]:

$$RP = \frac{E}{E_T} \times RP_T \quad (3.2)$$

em que:

- RP - Reserva de regulação primária exigida (MW);
- $RP_T$  - Reserva mínima de regulação primária estabelecida para o conjunto do sistema europeu interligado;
- E - Energia que foi produzida no ano anterior pelo SEN incluindo exportações;
- $E_T$  -Energia total produzida no ano anterior pelo conjunto de sistemas que compõem o sistema síncrono interligado europeu;

### **3.1.2. RESERVA DE REGULAÇÃO SECUNDARIA OU RESERVA DE RESTAURAÇÃO DE FREQUÊNCIA (FRR)**

A reserva de regulação secundária equivalente à reserva de restauração de frequência, tem como objetivo o equilíbrio entre a produção e o consumo em determinadas Áreas de Balanço, garantir a permanência da frequência no valor programado e ainda, assegurar que as trocas nas interligações com Espanha se mantenham no valor estipulado [23], [27].

Esta reserva traduz-se no estabelecimento de um intervalo de variação de potência do grupo gerador ao redor do ponto de funcionamento e no acréscimo ou decréscimo do fornecimento de energia conforme solicitado pelo GGS. E a este intervalo chama-se banda de regulação [28].

O valor estipulado de reserva de regulação secundária é definido pelo GGS para cada período de programação, tendo em conta as previsões de produção e de consumo e a probabilidade de falha dos geradores ligados [23].

O início da atuação desta reserva não deverá ultrapassar o valor de 30 segundos e a sua atuação deverá estar concluída no máximo em 5 minutos [23].

Neste momento é um serviço remunerado a nível nacional, para todos os agentes que apresentem ofertas para a reserva secundária [24].

### **3.1.3. RESERVA DE REGULAÇÃO OU RESERVA DE REGULAÇÃO TERCIÁRIA**

A reserva de regulação ou de reserva de regulação terciária, é entendida como a variação máxima exequível de potência ativa para subir ou para descer por parte das Unidades Físicas

que integram uma Área de Balanço ou à variação da programação na interligação, que pode ser mobilizada através de instruções de despacho, no horizonte de programação da exploração em vigor [23], [28].

É um serviço remunerado e quer a contratação como a retribuição da reserva são realizados através de mecanismos de mercado, sendo valorizada ao preço marginal das ofertas mobilizadas, para cada sentido de regulação [6], [23].

A contratação deste serviço é feita recorrendo ao Mercado de Reserva de Regulação onde o GGS é o comprador e os vendedores principais são centrais produtoras, sendo estas obrigadas a disponibilizar toda a sua reserva de regulação disponível.

Tendo em conta a previsão de consumo para cada hora do dia, o GGS define a reserva de regulação mínima a subir para cada hora do dia, consoante a equação 3.3 [23]:

$$RS_h = P_h + 2\% \cdot C_h + 10\% \cdot E_h \quad (3.3)$$

Onde:

$RS_h$  – Reserva de regulação mínima a subir na hora  $h$  em MW;

$P_h$  – Perda de produção máxima associada a uma falha simples na hora  $h$  em MW;

$C_h$  – Consumo previsto para hora  $h$  em MW;

$E_h$  – Potência eólica prevista para a hora  $h$  em MW.

Em relação à reserva de regulação mínima a baixar, a expressão é a seguinte:

$$RB_h = PB_h + 2\% \cdot C_h + 10\% \cdot E_h \quad (3.4)$$

Onde:

$RB_h$  – Reserva de regulação mínima a baixar na hora  $h$  em MW;

$PB_h$  – Perda de bombagem máxima associada a uma falha simples na hora  $h$  em MW;

$C_h$  – Consumo previsto para hora  $h$  em MW;

$E_h$  – Potência eólica prevista para a hora  $h$  em MW.

É possível observar a imprevisibilidade da necessidade de Reserva de Regulação para cada hora do dia, visto que as suas previsões dependem de valores não-exatos tais como o consumo previsto para uma determinada hora do dia e a potência eólica prevista para uma determinada hora.

### **3.2. MERCADO DE RESERVA DE REGULAÇÃO**

Para um bom funcionamento do SEN é necessária uma reserva de potência ativa adicional que consiga cobrir as variações de produção e de consumo e que garanta a estabilidade no sistema em situações que causem desequilíbrios superiores a capacidade das reservas de contenção e de restauração de frequência [23].

Atualmente, a utilização destas reservas é cada vez mais frequente devido ao crescimento das fontes de energia renováveis, pois é difícil prever com rigor a produção de energia dependente de condições atmosféricas e não é possível controlar uma paragem súbita de produção por parte destas centrais.

Posto isto, o mercado de reserva de regulação permite a realização de contratos de forma a combater as situações inesperadas que possam provocar alterações prejudiciais ao SEN. A contratação deste serviço visa sempre a minimização de custos para o sistema, mas caso este critério não possa ser aplicável por motivos de segurança da rede, este serviço será contratado sob os mecanismos que são aplicados em situações de emergência presentes no MPGGS (Manual de Procedimentos de Gestão Global do Sistema).

O serviço de contratação de Reserva de Regulação é um serviço de sistema que tem como objetivo a restituição dos níveis das reservas primária e secundária. Este serviço é constituído pela reserva de potência que se caracteriza como sendo a variação máxima de potência de grupo gerador ou de uma área de balanço, que terá um período de ativação de 15 minutos no máximo, mas poderá estar ativo durante alguma horas [3], [26].

A restituição dos níveis de reservas de regulação primária e secundária através da Reserva de Regulação são garantidas através de instruções de despacho, de modo a permitir a

execução de acordo com os parâmetros dinâmicos das unidades físicas a mobilizar que integram uma área de balanço [23].

### **3.2.1. APRESENTAÇÃO E ATUALIZAÇÃO DE OFERTAS DE RESERVA DE REGULAÇÃO**

Os agentes de mercado habilitados a prestar o serviço, deverão oferecer para cada período de programação, toda a sua reserva de regulação disponível, tanto para subir como para baixar, em MW, e o preço da energia correspondente em €/MWh. Esta informação deve ser colocada à disposição do GGS logo após a publicação dos resultados do mercado da banda de Regulação Secundária e até as 20:00 horas do dia anterior a que respeitam [23].

As ofertas deverão respeitar as limitações de valor máximo e mínimo impostas pela GGS na sequência da validação técnica anteriormente efetuada, as declarações de disponibilidade e a Banda de Regulação Secundária contratada em cada Unidade Física.

Os agentes poderão atualizar as suas ofertas até 10 minutos após o fecho do mercado intradiário contínuo, ou seja, apresentar novos pares de potência e preço, e deverão atualizá-las sempre que a sua reserva seja modificada por um dos seguintes motivos [23]:

- Haja alteração da reserva de regulação disponível, resultado da participação no mercado intradiário ou intradiário contínuo;
- Indisponibilidades imprevistas;
- Situações hidrológicas extremas, quer de excesso quer de falta de água, em áreas de balanço com centrais hídricas.

O GGS garante a coerência entre a última oferta válida e a repartição por unidade física apresentada pelo agente de mercado ao minuto 10 de cada hora. Caso seja verificada alguma incoerência na informação, o GGS retifica a última oferta que foi validada [23].

### **3.2.2. CONTRATAÇÃO DA RESERVA DE REGULAÇÃO**

As ofertas disponíveis são consideradas contratadas apenas no momento de mobilização. Desta forma, o GGS usa as ofertas disponíveis oferecidas pelos agentes de mercado e mobiliza as que minimizem o custo para o sistema, deixado de parte aquelas que à partida causem restrições para o sistema [23].

A mobilização de reserva é feita para um período de programação (hora) se forem provenientes de outros operadores de rede, podendo caso contrário ser mobilizadas por períodos inferiores a um período de programação, sendo o início e o fim da contratação impostos pelo GGS. O final do período de mobilização, no caso de o GGS não o estabelecer explicitamente, dá-se com o fim do período de programação em questão [23].

Caso uma área de balanço seja mobilizada num determinado período de programação e num determinado sentido de regulação, por exemplo a subir, e haja de seguida a necessidade de efetuar a regulação no sentido contrário, ou seja a descer, esta será a primeira a ser mobilizada para efetuar a descida de potência injetada, reduzindo-se de seguida a potência injetada pelas centrais mobilizadas anteriormente a esta e só por fim será mobilizada a reserva de regulação de sentido contrário, ou seja a reserva a baixar existente no sistema [23].

Em cada hora  $h$ , o custo de reserva de regulação, resulta da soma de duas parcelas referentes respetivamente, aos custos da reserva de regulação horária a subir e a baixar, de acordo com a seguinte equação [24]:

$$CRT(h) = CRTS(h) + CRTB(h) \quad (3.5)$$

Onde:

$CRT(h)$  – custo da reserva de regulação, na hora  $h$ .

$CRTS(h)$  – custo da reserva de regulação a subir, na hora  $h$ .

Com:

$$CRTS(h) = PRTS(h) \times \sum ERTS(j, h) \quad (3.6)$$

$ERTS(j, h)$  – energia de reserva de regulação a subir assignada à unidade de venda  $j$ , durante a hora  $h$ .

$PRTS(h)$  – preço marginal das ofertas de reserva de regulação a subir, mobilizadas pelo GGS, durante a hora  $h$ .

$CRTB(h)$  - custo da reserva de regulação a baixar, na hora  $h$ .

Com:

$$CRTB(h) = PE(h) \times \sum ERTB(j, h) - PRTB(h) \times \sum ERTB(j, h) \quad (3.7)$$

$PE(h)$  – preço de encontro do mercado diário na hora  $h$ .

$ERTB(j, h)$  – energia de reserva de regulação a descer assignada à unidade de venda  $j$ , durante a hora  $h$ .

$PRTB(h)$  – preço marginal das ofertas de reserva de regulação a baixar, mobilizadas pelo GGS, durante a hora  $h$ .

### **3.2.3. VALORIZAÇÃO DO SERVIÇO MOBILIZADO**

No serviço de regulação terciária apenas são remunerados os agentes cujas instalações tenham sido mobilizadas sendo a remuneração atribuída apenas pela energia efetivamente utilizada no intervalo de tempo da mobilização, ao contrário da reserva de regulação secundária que também é remunerada pela disponibilidade de potência [23].

A energia de regulação é remunerada ao preço marginal da última oferta mobilizada, quer seja mobilizada totalmente ou parcialmente, em cada sentido de regulação (a subir e a baixar). O preço dessa última oferta mobilizada será denominado de preço de reserva de regulação a subir e a baixar [23].

### **3.2.4. DIVULGAÇÃO DE INFORMAÇÃO**

A REN divulgará na sua página pública na Internet as seguintes informações relativas ao mercado de reserva de regulação [23]:

- Energia de reserva de regulação a subir e a baixar, resultante da mobilização de reserva de regulação, em cada hora do dia D (a publicar em D+1);
- Preços marginais da entrega de reserva de regulação a subir e a baixar, em cada hora do dia D (a publicar em D+1);
- Cotas horárias de energia de reserva de regulação resultantes da mobilização de reserva de regulação, a subir e a baixar, por área de balanço, no dia D (a publicar em D+30);
- Ofertas de reserva de regulação, no dia D (a publicar em D+30).

## 4. PARTICIPAÇÃO DO CONSUMO NO MERCADO DE RESERVA DE REGULAÇÃO

O novo quadro regulamentar do mercado da eletricidade da UE estabeleceu como objetivo central, para além de aumentar a competitividade do mercado, tornar o consumidor no centro destas transações. Deste modo a ideia de que o consumidor era uma figura rígida no mercado, transforma-se cada vez mais na vontade de utilizar o consumo como ferramenta para aumentar a flexibilidade do mercado. Para isto, este quadro regulamentar confere mais direitos aos consumidores e facilita a participação destes como clientes ativos.

A criação do projeto piloto para a participação do consumidor, apesar de ainda em grande escala, no mercado de Reserva de Regulação é uma estratégia para corresponder aos novos objetivos europeus de dar um papel importante ao consumidor nos diversos mercados de energia.

## **4.1. PROJETO PILOTO DE PARTICIPAÇÃO DO CONSUMO NO MERCADO DE RESERVA DE REGULAÇÃO**

### **4.1.1. ENQUADRAMENTO**

Em consequência da revisão regulamentar de 2017, a ERSE dispôs-se a iniciar trabalhos regulamentares para promover a participação do consumo no mercado de serviços de sistema.

Apesar da regulamentação vigente em que a participação do consumo já era prevista no mercado de serviços de sistema, a falta de definição expressa em algumas regras que explicitem essa possibilidade tem sido uma barreira a que instalações consumidoras possam entrar neste mercado [29].

Como solução para este problema, surgiu uma solução a curto prazo que incentive a participação do consumo no mercado de serviços de sistema, com a criação de um Projeto-Piloto, circunstanciado no tempo, cujos resultados e lições aprendidas beneficiem a regulamentação posterior [29].

A ERSE lançou então a 67.<sup>a</sup> Consulta Pública sobre a proposta de regras do Projeto-Piloto de participação do consumo no Mercado de Reserva de Regulação, que decorreu entre 1 e 31 de outubro de 2018. Mediante os comentários obtidos e as reuniões entre os agentes do setor elétrico, a ERSE aprovou a Diretiva n.º4/2019 [29] de 15 de janeiro, onde estão dispostas as regras do mesmo.

A 31 de março, com a conclusão da fase de execução do Projeto-Piloto, a ERSE aprovou a Diretiva n.º6/2020, onde aprovou a prorrogação do funcionamento do Projeto-Piloto até a revisão do MPGGS que torne definitivo as regras de participação do consumo no referido mercado, baseando-se nos resultados positivos obtidos até ao dia.

### **4.1.2. REGRAS E CONDIÇÕES DE PARTICIPAÇÃO**

Segundo a Diretiva n.º4/2019 [29], as instalações de consumo habilitadas, ou quem as represente, ao abrigo do Projeto-Piloto podem participar no mercado de reserva de regulação previsto no Regulamento de Operação de Redes [30] e no Procedimento n.º 13 do Manual de Procedimentos da Gestão Global de Sistema [23].

No artigo 3º da Diretiva n.º 4/2019 [29], onde são aprovadas as Regras do Projeto Piloto, são definidas como elegíveis as instalações de consumo, ou comercializadores em representação de uma instalação de consumo específico, que:

- Tenham uma capacidade de oferta igual ou superior a 1 MW;
- Obtenham junto do Operador de Rede de Transporte, na sua atividade de Gestão Global do Sistema a habilitação necessária que comprove a capacidade técnica e operativa à prestação do serviço de reserva de regulação;
- Estejam ligadas à rede em nível de tensão igual ou superior a Média Tensão.

Sendo para já, excluída a hipótese de agregação de instalações de consumo, e a participação de a maioria de instalações no país devido à necessidade de estarem ligadas à rede em nível de tensão igual ou superior a Média Tensão.

Conforme definido na Diretiva n.º4/2019 [29], as unidades de consumo habilitadas, ou quem as represente, participam no Mercado de Reserva de Regulação com os mesmos direitos e obrigações do que as unidades de produção ou de bombagem.

O consumo habilitado não é obrigado a apresentar ofertas, sendo que a sua participação é voluntária. As ofertas apresentadas (potência exequível, tanto para subir como para descer, em MW, e o preço da energia correspondente, em EUR/MWh) correspondem a produtos horários constantes até ao final da hora, mobilizáveis até 15 minutos antes do início da hora.

O preço da reserva de regulação, de acordo com o artigo 6º, corresponde ao preço determinado pelo respetivo algoritmo de encontro, onde constam as ofertas apresentadas pela instalações de consumo habilitadas, ou por quem as represente, e as necessidades da Gestão Global do Sistema para cada período de programação, nos termos dos pontos 9 e 11 do Procedimento nº 13 do Manual de Gestão Global do Sistema [23].

A mobilização da reserva de regulação a baixar, ou seja, o aumento do consumo no caso das instalações de consumo habilitadas, corresponde a uma obrigação de pagamento à Gestão Global do Sistema pelo acréscimo de energia a consumir.

Por outro lado, a mobilização de reserva de regulação a subir, que é a redução do consumo no caso das instalações de consumo habilitadas, corresponde a um direito de recebimento de

recompensa que compense os custos com a energia já adquirida, para satisfação do consumo anteriormente programado.

#### **4.1.3. PRIMEIROS RESULTADOS DO PROJETO PILOTO**

Numa apresentação organizada pela REN no dia 16 de outubro de 2019 [31], nos edifícios da ERSE em Lisboa foram apresentados os primeiros resultados obtidos pelo Projeto Piloto de Participação do Consumo no Mercado de Reserva de Regulação.

A nível de participantes:

- 28 instalações consumidoras mostraram-se interessadas em participar no Projeto Piloto, sendo que 8 propuseram-se a participar diretamente no Projeto Piloto, enquanto as restantes 20 propuseram-se a participar através de um representante;
- 16 instalações consumidoras realizaram ensaios para comprovar a capacidade de variação mínima de 1 MW;
- 3 instalações consumidoras iniciaram a sua participação no Mercado de Reserva de Regulação;
- 25 instalações consumidoras estavam a implementar os requisitos técnicos para participar no Projeto Piloto;
- 2 agentes de mercado mostraram-se interessados em atuar como Representante.

Na figura 3, estão dispostos os valores quer da quantidade absoluta de Energia Mobilizada em Reserva de Regulação a Subir por unidades de consumo, quer da sua percentagem em comparação com o total de energia mobilizada em Reserva de Regulação a Subir.

Conclui-se que o consumo assumiu uma percentagem baixa em relação ao total de energia mobilizada, alcançando o seu pico em julho de 2019, mobilizando cerca de 353 MWh correspondentes a 1,44% do total, diminuindo a sua posição nos meses posteriores.

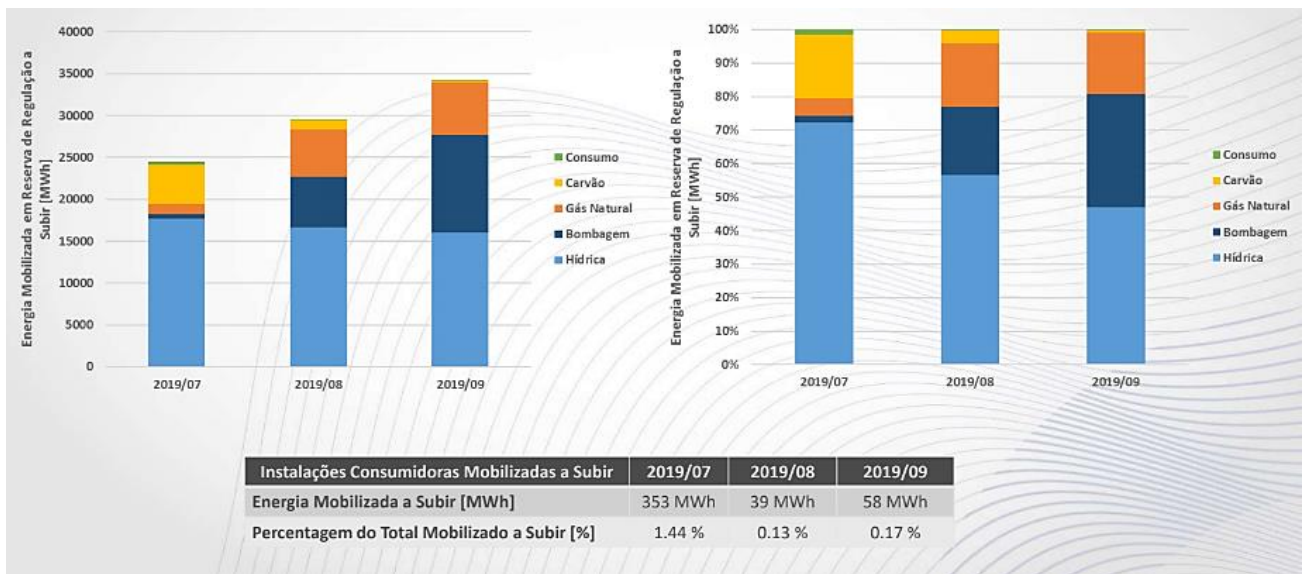


Figura 3 - Energia Mobilizada em Reserva de Regulação a subir [MWh] [31].

As centrais hídricas assumem-se como as principais instalações mobilizadoras de energia em reserva de regulação, assumindo valores entre 70% e 50% do total de energia mobilizada desde julho de 2019 a setembro de 2019.

Na figura 4, estão presentes os valores referentes à energia mobilizada em reserva de regulação a descer. Mantém a presença das centrais hídricas como o principal elemento de mobilização de energia de reserva de regulação, mas surge uma tendência para as instalações de consumo terem um papel mais presente na mobilização de energia em reserva de regulação a baixar, com um valor em setembro de 2019 de 1 108 MWh de energia mobilizada, o que corresponde a 1% do total.

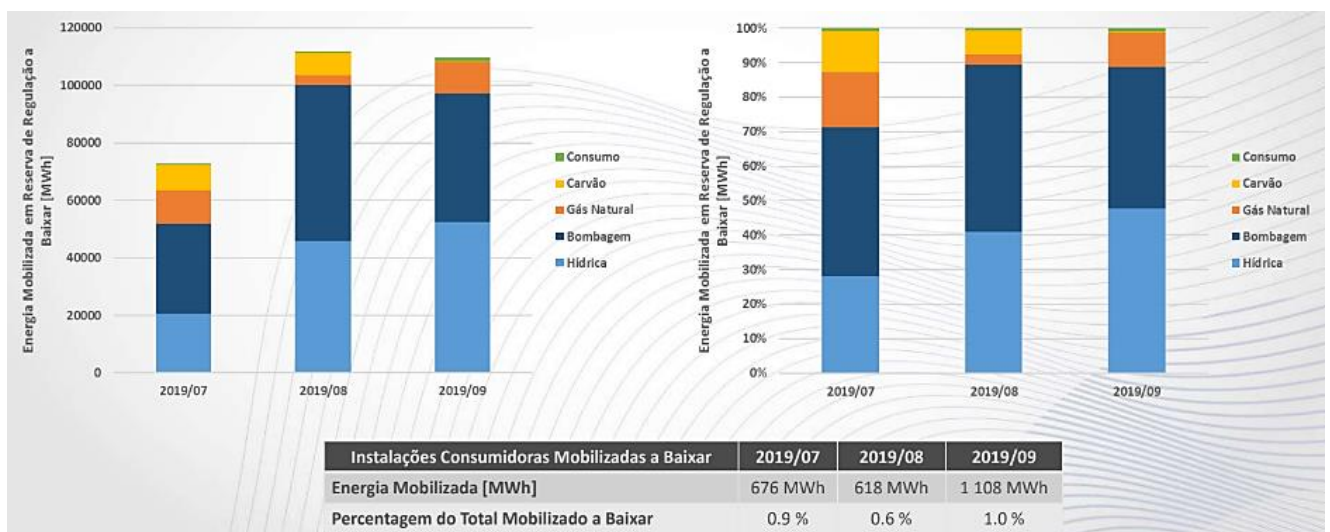


Figura 4 - Energia Mobilizada em Reserva de Regulação a Baixar [MWh] [31].

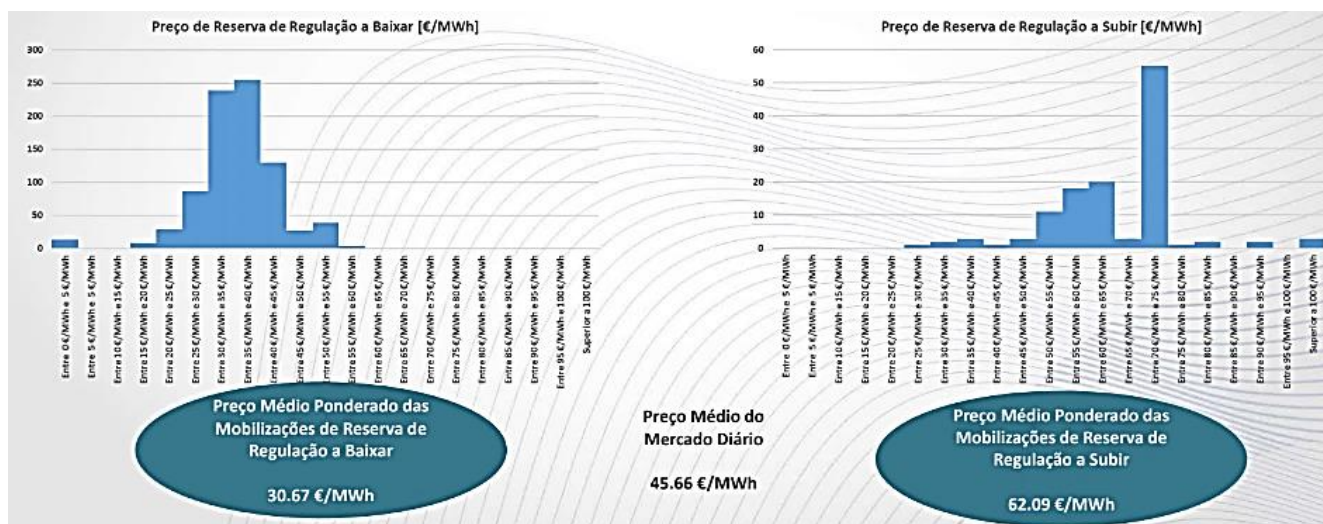


Figura 5 – Preços médios ponderados das mobilizações de Reserva de Regulação em ambos os sentidos [31].

Na figura 5, estão presentes os dados referentes ao preço médio ponderado das mobilizações de reserva de regulação a subir e a baixar, onde se conclui que comparativamente ao preço médio do mercado diário, os preços médios ponderados das reservas de regulação a subir e a descer assumem posições opostas.

A nível do preço médio ponderado das mobilizações de reserva de regulação a baixar, este assume um valor de 30,67 €/MWh, aproximadamente 15€ abaixo do valor médio do mercado diário, o preço médio ponderado das mobilizações de reserva de regulação a subir é de 62,09 €/MWh aproximadamente 17€ mais caro que o preço médio do mercado diário.

A REN apresentou algumas conclusões e aspetos a melhorar no futuro deste Projeto Piloto de Participação do Consumo no Mercado de Reserva de Regulação sendo elas:

- A implementação de penalidades aos Agentes de Mercado que sejam prestadores de Serviços de Sistema por forma a assegurar o cumprimento das instruções de Potência emitidas pela Gestão Global do Sistema.
- Garantir que existe capacidade de monitorização em tempo real das instalações que prestam Serviços de Sistema.
- Durante o decorrer deste Projeto Piloto, deverá ser avaliado a metodologia de alocação das perdas das redes que estão associadas às mobilizações de reserva de regulação, e em caso de incumprimento das instruções de Despacho, avaliar o processo de afetação das mobilizações de reserva de regulação no processo de

determinação dos desvios dos Agentes de Mercado Comercializadores e das tarifas de acesso.

Estes primeiros resultados foram considerados positivos, o que levou a ERSE a considerar adequado, transitoriamente, continuar a aplicar as regras do Projeto-Piloto até à aprovação das alterações a introduzir na revisão mais alargada do Manual de Procedimentos da Gestão Global do Sistema [32].

A integração da plataforma TERRE para comércio de energia de reserva de regulação na União Europeia foi um dos motivos que levou a esta prorrogação.

#### **4.1.4. PREÇOS E QUANTIDADES MOBILIZADAS DE RESERVA DE REGULAÇÃO DURANTE A EXECUÇÃO DO PROJETO**

Todos os dados e figuras utilizados neste subcapítulo foram retirados do Relatório previsto no artigo 16.º da Diretiva n.º4/2019 [29], [32].

Durante o ano de 2019, seis instalações consumidoras iniciaram a fase de execução do Projeto-Piloto de participação do consumo no mercado de reserva de regulação.

A fase de execução deste Projeto-Piloto decorreu de 12 de julho de 2019 a 31 de março de 2020, e mobilizou-se no mercado de Reserva de Regulação um total de 547 GWh no sentido a subir e 856 GWh no sentido a baixar.

Durante este período, a participação do consumo representou 900,6 MWh no sentido a subir, o equivalente a 0,2% do total de energia mobilizada, e 10 527,6 MWh no sentido a baixar, que representa cerca de 1,2% da energia total mobilizada. Com isto, a tendência da participação do consumo na mobilização de energia de regulação no sentido a baixar mantém-se desde a publicação dos primeiros resultados do Projeto-Piloto.

Na Figura 6 está representada a energia total mobilizada pelas instalações consumidoras no âmbito da participação no Projeto-Piloto durante a fase de execução. Do gráfico podemos verificar que a maior quantidade de energia mobilizada foi no sentido a baixar.

Na Figura 6 podemos ver que o máximo mensal de energia mobilizada a subir ocorreu em julho de 2019 com um valor de 353,1 MWh, e em março de 2020 ocorreu o máximo mensal de energia mobilizada no sentido a baixar, 2 858,5 MWh.

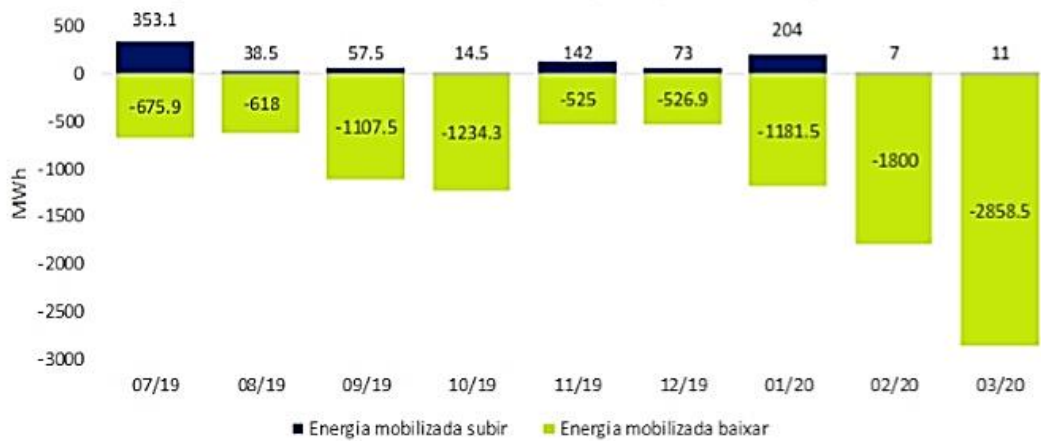


Figura 6 - Energia total mobilizada pelas instalações consumidoras no âmbito da sua participação no Projeto-Piloto [32].

Apesar das seis instituições consumidoras habilitadas, apenas quatro apresentaram ofertas no mercado de reserva de regulação durante a fase de execução.

Na figura 7 é possível ver a percentagem da energia mensal mobilizada em relação às ofertas apresentadas pelas instalações de consumo em ambos os sentidos. Apesar da reduzida quantidade de energia mobilizada a subir, em média foram mobilizadas 24% das ofertas apresentadas, e 48% no sentido a baixar, constatando que a participação do consumo funcionou em ambos os sentidos no mercado de reserva de regulação.

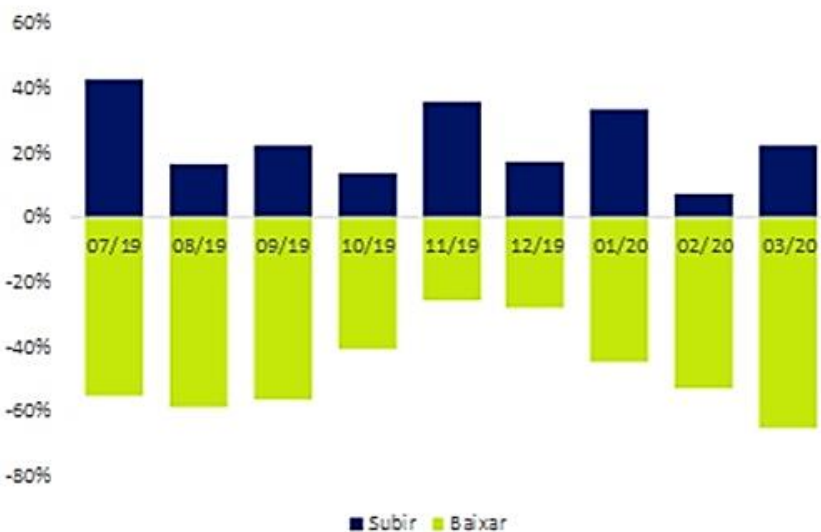


Figura 7 - Percentagem da energia mensal mobilizada em relação às ofertas apresentadas em ambos os sentidos [32].

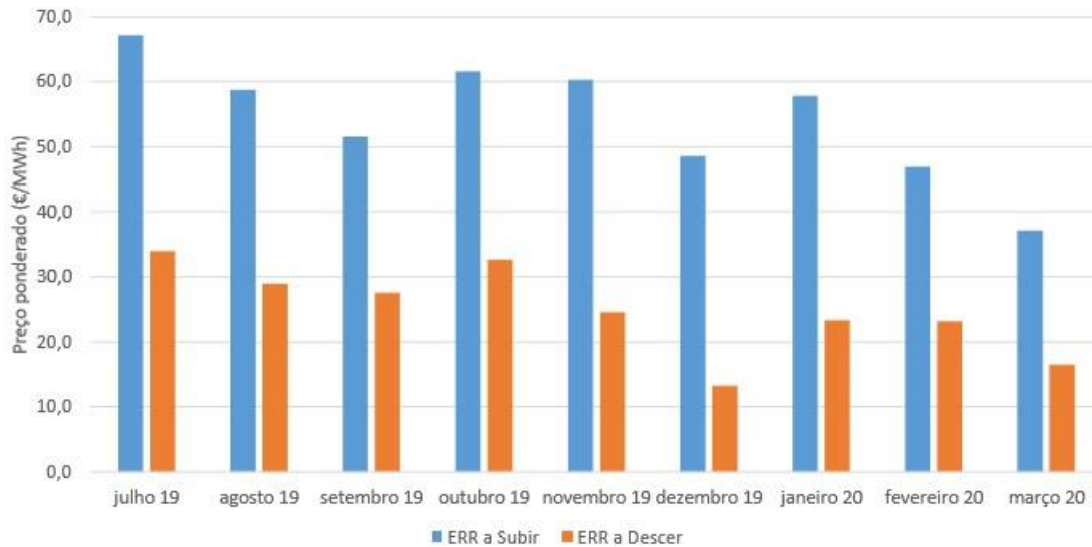


Figura 8 - Preço médio ponderado da energia de regulação mobilizada entre julho de 2019 e março de 2020 [32].

Na figura 8 está apresentada a evolução do preço médio ponderado mensal da energia mobilizada em ambos os sentidos no período compreendido entre julho de 2019 e março de 2020.

No sentido a subir, o valor mais alto foi de 67,17 €/MWh em julho de 2019 e o valor mais baixo 37,10 €/MWh em março de 2020 apresentando um valor médio ponderado de 54,90 €/MWh. A descer o valor mais alto foi de 33,93 €/MWh em julho de 2019 e o valor mais mínimo de 13,26 €/MWh em dezembro do mesmo ano, sendo a média ponderada de 24,69 €/MWh.

É possível constatar uma ligeira tendência na diminuição do preço médio ponderado da energia de regulação em ambos os sentidos ao longo do tempo.

Durante este período de análise, as instalações de consumo que realizaram ofertas no Mercado de Reserva de Regulação a subir, marcaram o preço de reserva de regulação a subir em 70 horas das 329 horas em que houve mobilizações neste sentido, correspondendo a cerca de 21% do total das mobilizações.

No sentido a baixar, as instalações de consumo apresentaram ofertas que marcaram o preço da reserva de regulação a descer em 231 horas das 2633 horas em que houve mobilizações, correspondendo a cerca de 9% do total de mobilizações.

Apesar de em termos de proporção, exista uma maior percentagem de vezes em que as instalações marcam o preço do mercado de energia de regulação a subir, o número total de horas é superior nas mobilizações de energia de regulação a descer, o que indica uma maior disposição das mesmas a subir o seu consumo face ao programa de fornecimento previamente estabelecido do que descer o consumo.

Através análise do perfil horário das várias instalações consumidoras que marcaram o preço durante este período de análise presente na Figura 9, conclui-se que as instalações de consumo marcam em média, mais o preço durante o período de vazio do que no período de ponta, ou seja, durante a noite, entre a primeira e a oitava hora.

Quanto ao mercado de reserva de regulação a subir, a quantidade de horas que as instalações marcaram o preço aparece mais distribuída e apresentam valores mais baixos em comparação com o mercado de energia de regulação a baixar.

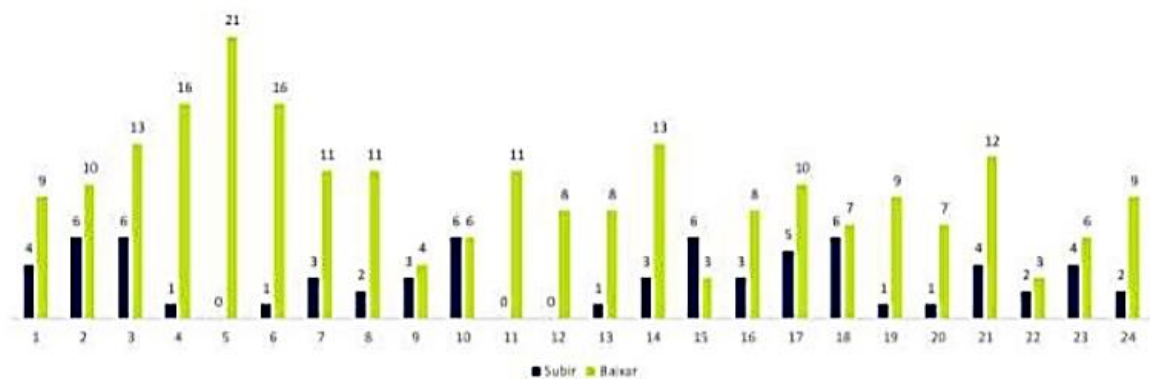


Figura 9 - Horas em que as instalações consumidoras marcaram o preço durante o período de análise [32].

#### 4.1.5. ANÁLISE DE BENEFÍCIOS OBTIDOS PELAS INSTALAÇÕES DE CONSUMO DURANTE O PROJETO

De acordo [32], onde se encontram todos estes dados, redigido pela ERSE com as principais conclusões sobre a execução deste Projeto-Piloto, os principais benefícios resultantes da participação do consumo neste mercado são:

- Os benefícios obtidos pelas próprias instalações consumidoras, pois a energia mobilizada em reserva de regulação é valorizada ao preço marginal deste mercado, e não apresenta custos associados à aquisição de energia no mercado diário;
- Os benefícios resultantes dos custos evitados com perdas, pois o Projeto-Piloto prevê que as ofertas de reserva de regulação sejam efetuadas no referencial da instalação de consumo, não sendo ajustadas para perdas nas redes;
- Os benefícios decorrentes dos custos evitados com tarifas de acesso às redes, visto que no âmbito deste projeto, a componente de energia correspondente às ordens de mobilização de reserva de regulação enviada pela GGS às instalações de consumo, não está a elas sujeitas.

Estes benefícios estimados obtidos pelas instalações de consumo no decorrer do Projeto-Piloto foi cerca de 401 mil euros.

Em termos de distribuição estimada destes proveitos obtidos pelas instalações de consumo, podemos observar na figura 10 que 63% são fruto dos custos evitados com as tarifas de acesso às redes, o que corresponde a cerca de 250 mil euros.

Cerca de 34%, 136,51 mil euros são benefícios devidos à participação das instalações no mercado de reserva de regulação, ou seja, fruto das ofertas mobilizadas, principalmente no que toca a energia de regulação a descer.

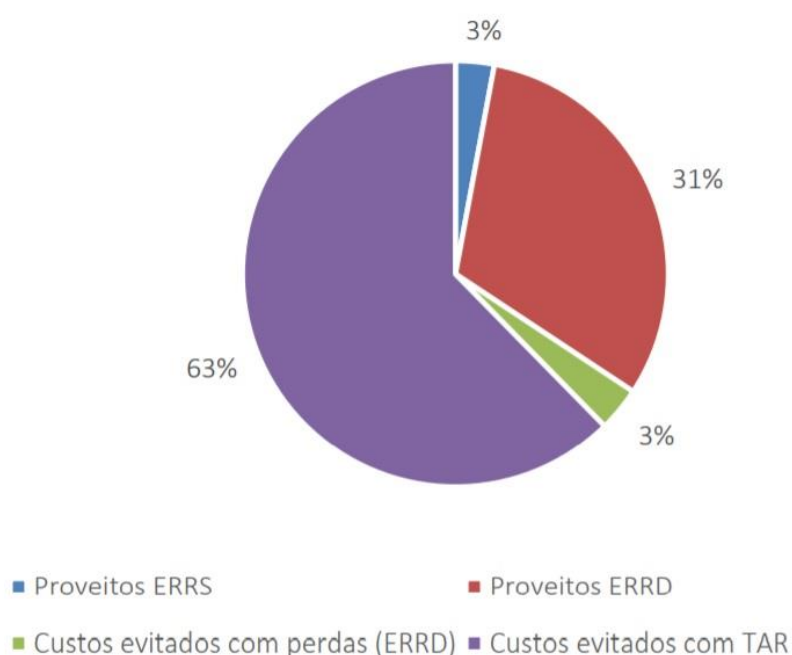


Figura 10 - Distribuição dos proveitos estimados pelas instalações de consumo [32].

Os restantes 6% surgem dos custos evitados por perdas nas redes.

#### 4.1.6. IMPACTO DO CONSUMO NA FORMAÇÃO DO PREÇO NO MERCADO DE RESERVA DE REGULAÇÃO

De forma a avaliar o impacto do consumo na formação do preço da Reserva de Regulação, foi realizada uma análise em [32] onde se avaliou a formação do preço no mercado de reserva de regulação, com e sem participação das instalações consumidoras, tendo em conta as suas ofertas em preço e volume.

A ERSE assume os resultados como uma aproximação.

Na figura 11 estão representados os valores estimados sobre o impacto das instalações de consumo na formação do preço do mercado de reserva de regulação, através da comparação mensalmente do preço marginal do mercado de reserva de regulação com e sem a participação do consumo, assim como a variação percentual dos dois preços verificados, para subir.

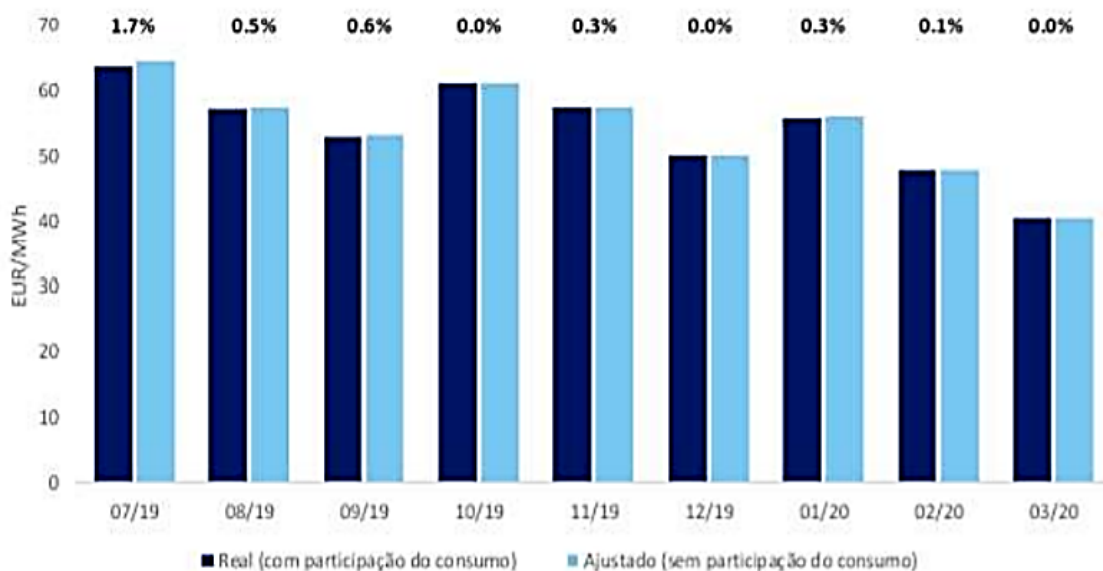


Figura 11 - Comparação do preço médio marginal do Mercado de Reserva de Regulação a subir com e sem a participação do consumo [32].

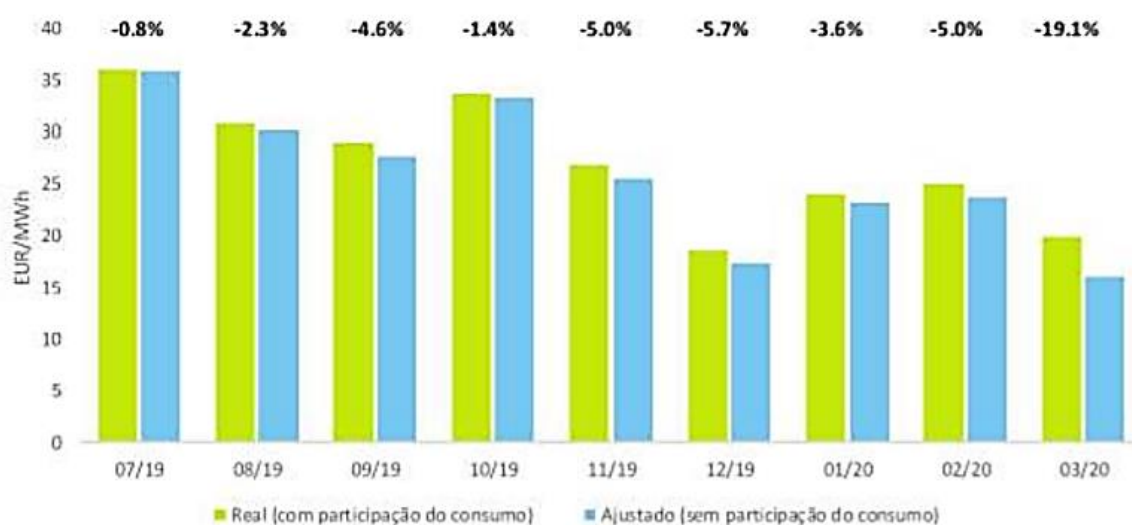


Figura 12 - Comparação do preço médio marginal do Mercado de Reserva de Regulação a descer com e sem a participação do consumo [32].

Na figura 12 está presente a mesma comparação, desta vez feita no sentido a descer.

Através das Figuras 11 e 12 é possível concluir que as unidades de consumo presentes na fase de execução do Projeto-Piloto ainda não têm uma influência significativa na formação do preço marginal do Mercado de Regulação, principalmente no sentido a subir, onde a presença do consumo é menor,

Apesar disso, no sentido a descer, é possível ver uma subida acentuada da influência do consumo na formação do preço desta energia de regulação a descer, principalmente no mês de março de 2020, onde existiu uma variação de 19,1% entre os valores do preço medio marginal do Mercado de Reserva de Regulação a descer com e sem a participação do consumo.

É possível desta forma prever uma presença grande do consumo neste mercado, principalmente do sentido a descer, contribuindo cada vez para a formação do preço da energia de regulação.

#### 4.2. FIGURA DO AGREGADOR OU FACILITADOR DO MERCADO

Com a evolução do mercado na direção do consumidor, e com a implementação de programas de Demand Response, surgiu a necessidade de se criar uma identidade que represente os consumidores no mercado de forma a facilitar as suas ações no mercado, uma

entidade de apoio ao consumidor e que consiga ganhar escala a nível do consumo. Deste modo surgem os Agregadores ou Facilitadores de Mercado [33].

Apesar de neste Projeto-Piloto de Participação do Consumo no Mercado de Reserva de Regulação, no artigo 3.º que identifica as Entidades Elegíveis, estar definido que neste âmbito não está prevista a agregação de instalações de consumo, o recurso a Agregadores de Consumo é inevitável para ultrapassar a barreira de apenas grandes instalações consumidoras com capacidades produtivas superiores a 1MW conseguirem participar neste mercado.

De acordo com o Artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 162/2019 de 25 de outubro [34], que aprova o regime jurídico aplicável ao autoconsumo de energia renovável, “Agregação é uma função desempenhada por uma pessoa singular ou coletiva, que pode ser ou não um comercializador, que combina a eletricidade produzida, consumida ou armazenada de múltiplos clientes para compra ou venda em mercados de energia ou de serviços de sistema”.

Deste modo, o agregador tem como principal função gerir as instalações que representa, sendo o facilitador de mercado que faz a ponte entre o consumidor e o mercado onde está inserido. Para além de ganhar escala através da agregação de várias instalações, garante um apoio técnico que de outra forma, pequenas instalações não teriam.

Apesar do presente Projeto-Piloto da participação do consumo no mercado de reserva de regulação não abranger a possibilidade de agregação de instituições de consumo, na 67.<sup>a</sup> consulta pública várias entidades participantes sugeriram a agregação de consumo como um acréscimo de valor ao mercado de reserva de regulação.

No entanto, enquanto a regulamentação definir como Entidades Elegíveis para participar no mercado de Reserva de Regulação [29], apenas as que possuem capacidade de oferta superior a 1 MW e com ligação à rede num nível de tensão igual ou superior a Média Tensão, será complicado a agregação de consumo como participante deste mercado, apesar de com uma regulamentação adequada, será a melhor solução para inserir pequenas instalações de consumo neste mercado.

## 5. PARTICIPAÇÃO INDIVIDUAL DE UMA UNIDADE CONSUMIDORA NO MERCADO DE REGULAÇÃO

Ao longo do ano de 2019, seis instalações consumidoras iniciaram a fase de execução do Projeto-Piloto. Das 28 candidaturas recebidas, apenas as seis instalações presentes na Tabela 3 concluíram os testes de qualificação [32].

Tabela 3 - Data de início da participação das primeiras 6 instalações consumidoras no Projeto-Piloto [31].

<b>Nome</b>	<b>Início da operação</b>
Solvay Portugal, S.A.	12/07/2019
Soc. Portuguesa do Ar Líquido, Lda. (Sines)	12/07/2019
Cimpor Indústria de Cimentos, S.A. (Loulé)	16/10/2019
Bondalti Chemicals, S.A.	14/11/2019
SN MAIA - Siderurgia Nacional, S.A.	14/11/2019
SN SEIXAL - Siderurgia Nacional, S.A.	14/11/2019

Devido à publicação da Diretiva n.º 6/2020 de abril de 2020 [35], onde foi aprovada a continuidade da aplicação das regras aprovadas pela Diretiva n.º 4/2019 [29], sobre a participação do consumo no Mercado de Reserva de Regulação, outras 4 instalações entraram em operação (Tabela 4).

Tabela 4 - Instalações de consumo que entraram em operação no Projeto-Piloto [31].

<b>Nome</b>	<b>Data do contrato de adesão</b>	<b>Início da operação</b>
Águas do Norte, S.A. - ETA Areias do Vilar	Dec. Representação de 21-11-2019	02/06/2020
Águas do Douro e Paiva, S.A. - ETA de Lever	Dec. Representação de 21-10-2019	02/06/2020
Águas do Douro e Paiva, S.A. - EE de Jovim	Dec. Representação de 21-10-2019	02/06/2020
Águas do Centro Litoral, S.A. - ETA Boavista	Dec. Representação de 04-12-2019	02/06/2020

O objetivo neste capítulo é analisar a participação individual de uma das instalações de consumo que fez parte da execução do Projeto-Piloto e entender de que forma as instalações de consumo com menor capacidade poderão participar neste mercado, nomeadamente a nível do consumo doméstico.

Os dados usados para esta análise foram retirados da página oficial da REN [36], empresa responsável pelo transporte de eletricidade e gás natural em Portugal, e correspondem à Solvay Portugal, S.A. (ASLVAYS), umas das instalações com maior quantidade de energia de regulação comercializada no Projeto-Piloto.

Para tal, foram tratados os dados referentes a dois meses de execução, agosto de 2019 e janeiro de 2020 de forma a se estudar a participação no mercado de reserva de regulação no Inverno e no Verão.

### **5.1. QUANTIDADES DE ENERGIA MOBILIZADAS PELA ASLVAYS E VALORIZAÇÃO DA ENERGIA DE REGULAÇÃO – AGOSTO 2019**

Como foi possível constatar no capítulo anterior em 4.1.4, no mês de agosto foram mobilizados por parte do consumo 38,5 MWh no sentido a subir e 618 MWh no sentido a descer, o que representou cerca de 20% do total de energia disponibilizada para subir e 60% do total de energia disponibilizada para descer.

A ASLVAYS durante o mês de agosto mobilizou cerca de 23 MWh de energia de regulação a subir e 592,5 MWh de energia de regulação a descer, afirmando-se como a unidade de consumo com uma maior presença neste mercado durante este mês, representando cerca de 60% da energia total mobilizada a subir pelo consumo e aproximadamente 96% da energia total mobilizada a descer pelo consumo.

Na Figura 13 estão representados os volumes de energia de regulação mobilizada pela ASLVAYS ao longo do mês de agosto. A mobilização de energia de regulação a descer ocorre em quase todos os dias do mês, sendo que a mobilização de energia de regulação a subir apenas ocorre nos dias 24, 25 e 28 mas com valores relativamente baixos.

Nos dias 10,11,12 e 27 não ocorre qualquer tipo de mobilização, comprovando-se assim a despachabilidade deste serviço, isto é, apesar das unidades consumidores realizarem ofertas e disponibilizarem a sua capacidade no mercado, apenas quando surge necessidade de

recorrer ao serviço da reserva de regulação, e por instrução de despacho, é que a energia é realmente mobilizada.

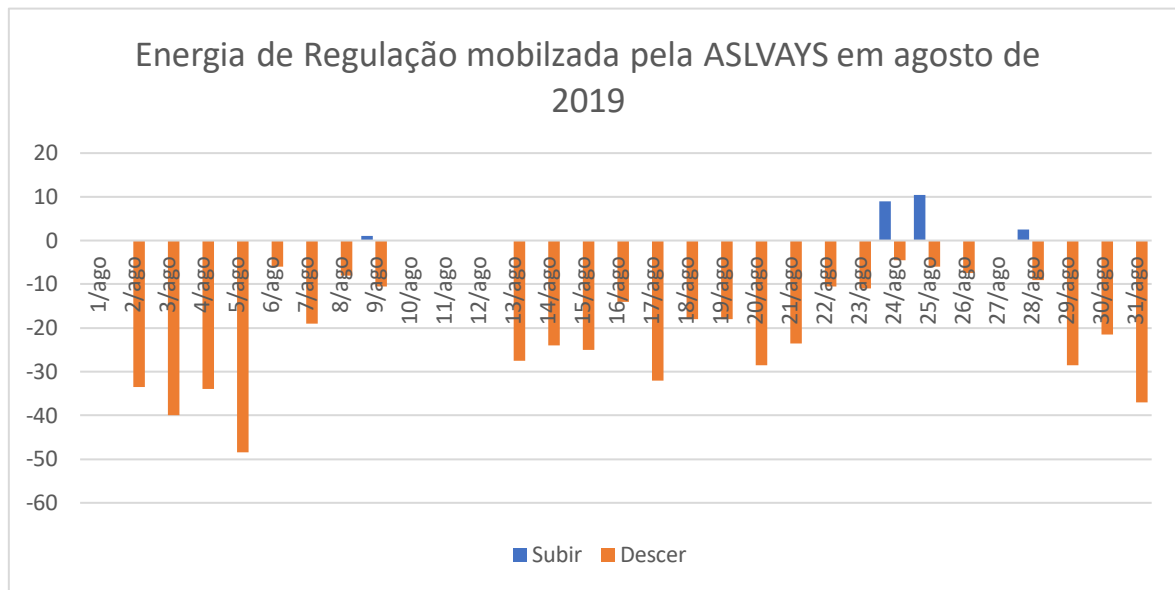


Figura 13 - Volume de energia mobilizada pela ASLVAYS em agosto de 2019.

Na figura 14, é possível ver o volume de energia mobilizada no dia 5 de agosto, dia onde a houve uma maior quantidade de energia de regulação a descer requisitada no mês de agosto, isto é, um aumento de consumo por parte da ASLVAYS.

Através da análise do gráfico presente na Figura 14 é possível concluir que as mobilizações de energia de regulação podem ocorrer a qualquer hora do dia, e desta forma, a ASLVAYS para conseguir retirar o máximo de proveito deste serviço ou precisará de um funcionamento contínuo de 24 horas onde consiga alocar este aumento de consumo, ou então usufruir de um sistema de armazenamento capaz de guardar esta energia mobilizada, para mais tarde a usar, evitando a compra no mercado SPOT.

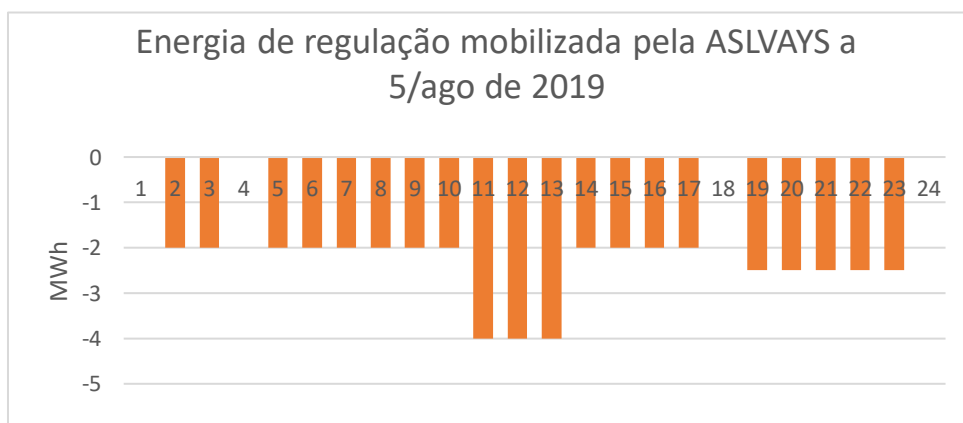


Figura 14 - Energia de regulação mobilizada pela ASLVAYS no dia 5 de agosto de 2019

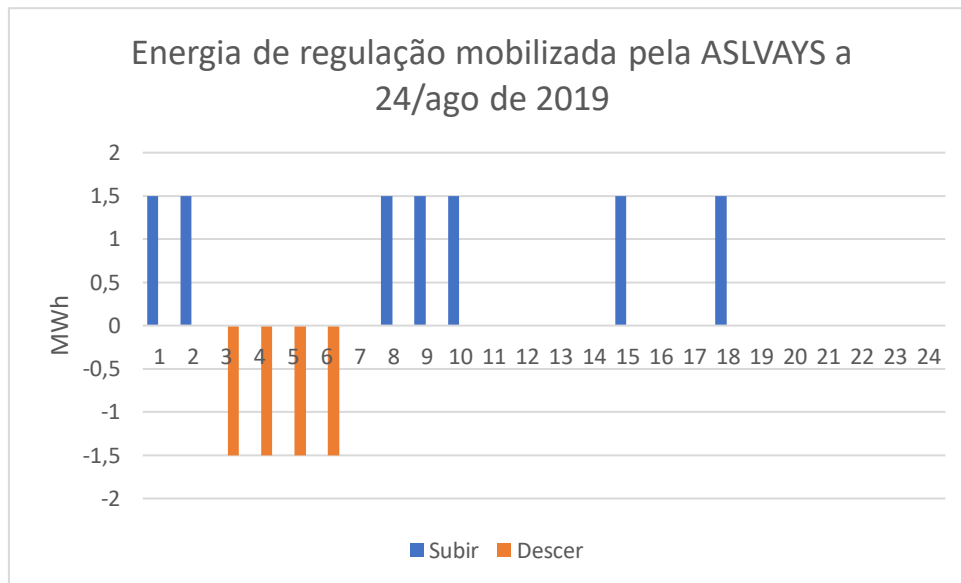


Figura 15 - Energia de regulação mobilizada pela ASLVAYS a 24 de agosto de 2019.

Na Figura 15 está representado os horários de mobilizações de energia de regulação por parte da ASLVAYS, a subir e a descer. Estas mobilizações ocorrem principalmente durante a madrugada e durante a manhã, sendo que no sentido a subir foi mobilizada energia na 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup>, 9<sup>a</sup> e 10<sup>a</sup> hora e mais tarde na 15<sup>a</sup> e 18<sup>a</sup> hora. No sentido a descer a energia de regulação foi mobilizada na 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> hora.

Havendo estas mobilizações constantemente durante o horário noturno, uma instalação consumidora terá de adaptar o seu funcionamento caso não disponha de instrumentos de armazenamento para reagir a estas mobilizações. Consumir a mais 1,5 MWh ou deixar de consumir 1,5 MWh em tempo real poderá apresentar constrangimento no funcionamento normal da instalação.

Com o uso de armazenamento, a instalação poderá manter o seu funcionamento normal, e aproveitar a valorização da energia de regulação para lucrar com este serviço. Uma das formas mais fáceis de o fazer, será armazenar energia nos momentos de mobilização de energia de regulação a descer, para quando for necessário descer o consumo, tenha a opção de usar a energia armazenada para manter o funcionamento normal.

Através da Figura 16, é possível analisar a diferença entre os preços médios da energia de regulação a subir e a descer em comparação com o preço médio SPOT durante o mês de agosto de 2019.

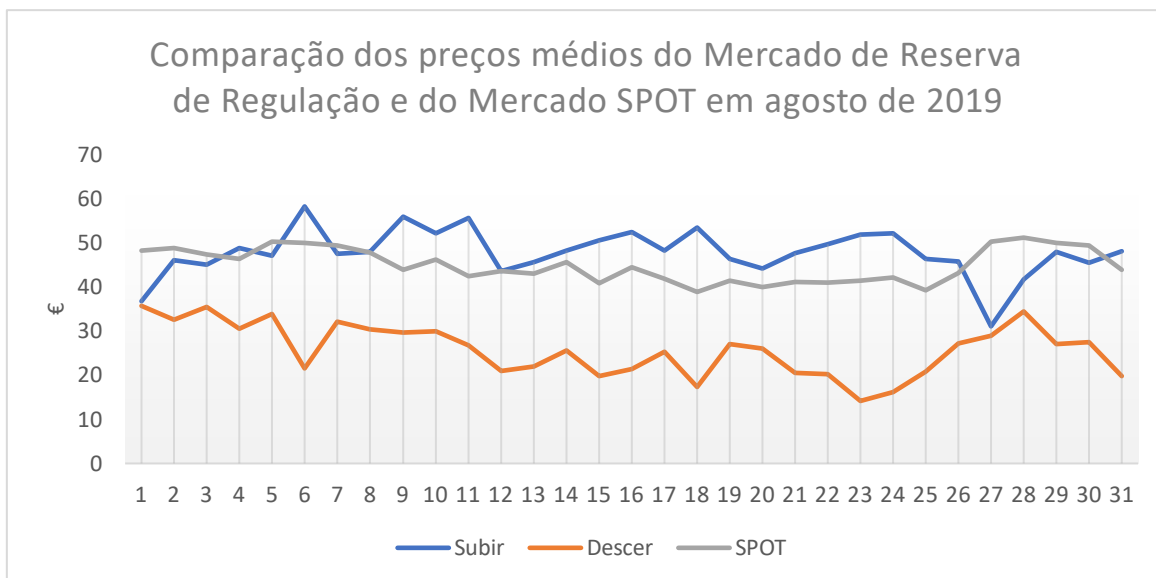


Figura 16 - Comparaçã dos preços médios do Mercado de Reserva de Regulaçã e do Mercado SPOT em agosto de 2019

O preço médio da energia de regulaçã a descer é sempre inferior ao preço médio praticado no Mercado SPOT, o preço médio da energia de regulaçã a subir, apesar de maioritariamente ser superior ao valor do Mercado SPOT, assume por vezes valores inferiores, como é possível ver por exemplo no dia 27 de agosto, um dos dias onde não houve qualquer mobilizaçã de energia de regulaçã a subir por parte da ASLVAYS.

Através da análise do gráfico presente na Figura 16 é possível concluir que a participaçã da ASLVAYS no Mercado de Reserva de Regulaçã a subir é induzida quando o seu preço marginal é superior ao preço da energia elétrica no mercado SPOT ou até no contrato de fornecimento de energia elétrica segundo o Relatório previsto no artigo 16.º da Diretiva n.º 4/2019 [29], [32].

No caso da Reserva de Regulaçã a baixar, a participaçã da ASLVAYS neste mercado é induzida quando o preço marginal é inferior ao preço do Mercado SPOT ou do preço estabelecido no contrato de fornecimento de energia elétrica, conseguindo aumentar o seu consumo pagando a energia mais barata.

Desta forma, através de sistemas de armazenamento seria possível armazenar energia a preços inferiores ao praticado no mercado SPOT, e utilizar esta energia de forma eficiente de forma a maximizar os benefícios. O uso deste armazenamento para compensar uma

mobilização de energia no sentido a subir, onde é necessário baixar o consumo seria umas das estratégias para a instalação consumidora não perder produção durante esta mobilização.

Na figura 17 é possível ver uma comparação da energia de regulação mobilizada durante o mês de agosto de 2019 pela ASLVAYS valorizada ao preço marginal do Mercado de Reserva de Regulação a subir e a descer, e a mesma quantidade de energia mobilizada ao preço do Mercado SPOT.

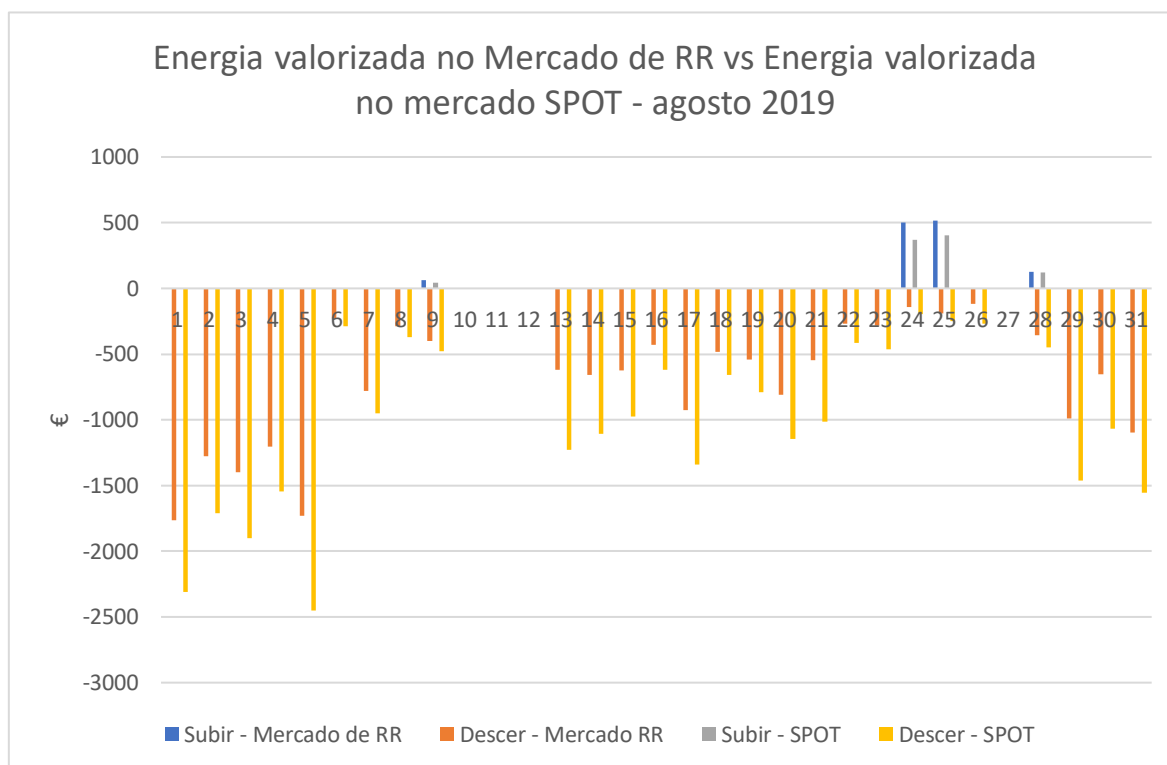


Figura 17 - Energia valorizada no Mercado de RR vs Energia valorizada no mercado SPOT em agosto de 2019

Tal como foi possível concluir através do gráfico da Figura 16, o preço da energia no mercado SPOT encontra-se entre os preços do Mercado de Reserva de Regulação. A energia mobilizada a subir normalmente é valorizada a um preço superior ao preço do Mercado SPOT. No caso da ASLVAYS, esta energia mobilizada a subir teve uma valorização de 1204,59 € (CRTS) no mês de agosto de 2019 de acordo com a equação 3.6 através do Mercado de Reserva de Regulação.

Caso fosse valorizada ao preço do Mercado SPOT, obtinha-se um valor de 943,29 €, e como se trata de uma mobilização a subir, a instalação necessita de diminuir o seu consumo recebendo um benefício mediante a valorização da energia, sendo esta diferença uma das vantagens da participação no mercado de Reserva de Regulação.

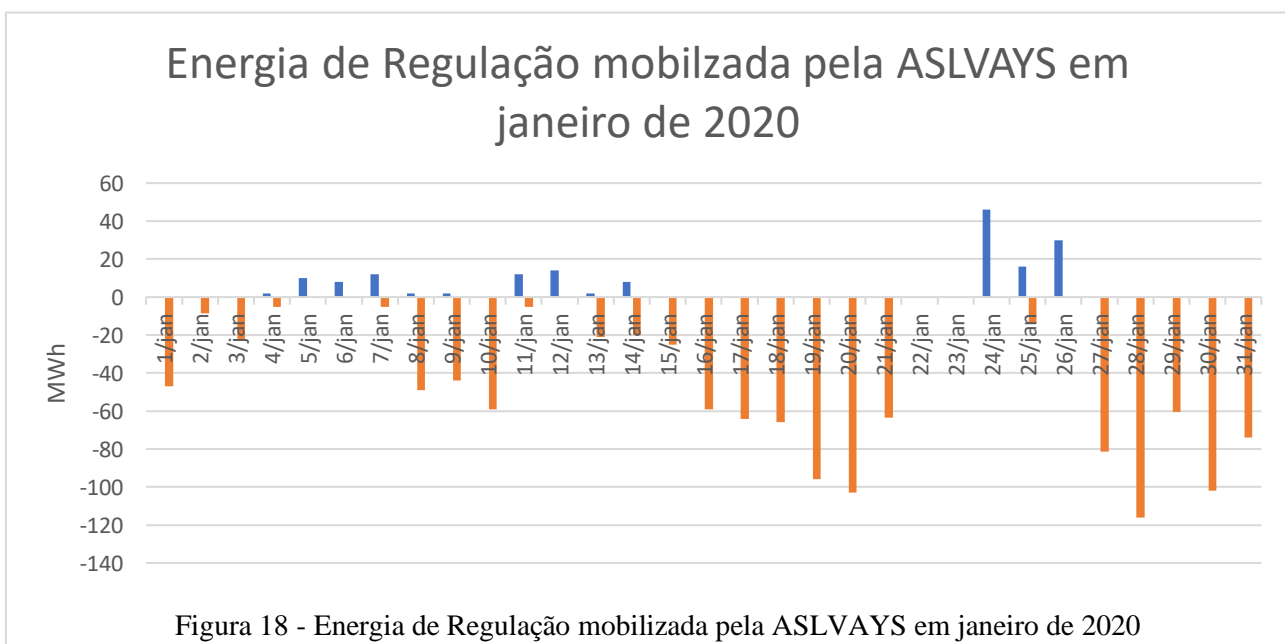
A descer, houve uma valorização de 18809,7 € ao preço marginal do Mercado de Reserva de Regulação a descer. Como se trata de um aumento do consumo por parte da ASLVAYS, esta mesma quantidade de energia valorizada ao preço do Mercado SPOT custaria 27009,76 €, surgindo uma poupança de 8200 € (CRTB) de acordo com a equação 3.7, durante o mês de agosto de 2019.

Resultando num custo de reserva de regulação (CRT) associado a ASLVAYS, de acordo com a equação 3.5 de CRTS+CRTB, obtendo-se um valor de 9404,59 €.

## 5.2. QUANTIDADES DE ENERGIA MOBILIZADAS PELA ASLVAYS E VALORIZAÇÃO DA ENERGIA DE REGULAÇÃO – JANEIRO 2020

Como foi anteriormente referido no capítulo 4, em 4.1.4, e segundo o relatório sobre a execução do Projeto-Piloto redigido pela ERSE [32], em janeiro de 2020, foi mobilizada por parte das instalações consumidoras um total de 204 MWh no sentido a subir e 1181,5 MWh no sentido a baixar. O correspondente a aproximadamente 30% e 50%, respetivamente, do total de energia disponibilizada por parte das unidades consumidoras no mercado de Reserva de Regulação.

Segundo o site oficial da REN [36] a ASLVAYS durante o mês de janeiro mobilizou um total de 164 MWh no sentido a subir, cerca de 80% da energia mobilizada por instalações de consumo. Mobilizou também 1210 MWh no sentido a descer, valor superior ao total de energia mobilizada a descer por parte do consumo, no relatório sobre a execução do Projeto-Piloto. Apesar da discrepância de valores entre as duas fontes, a seguinte análise será feita



considerando o valor de 1210 MWh como o valor de energia mobilizada pela ASLVAYS no mês de janeiro de 2020.

Na Figura 18, estão representados os volumes de energia de regulação mobilizados durante o mês de janeiro de 2020 por parte da ASLVAYS.

O valor máximo de energia mobilizada a subir ocorre no dia 24 de janeiro, com um valor de 46 MWh, e em contraste com o mês de agosto de 2019 que apenas houve mobilizações neste sentido em 4 dias, durante janeiro de 2020 existiu 13 dias em que houve e requisição deste serviço, e diminuição de consumo por parte da ASLVAYS.

Em relação à mobilização de energia no sentido a descer, correspondendo à tendência de as instalações consumidoras aumentarem o seu consumo, em apenas 7 dias do mês não ocorreu qualquer mobilização. O valor máximo de energia mobilizada as descer ocorreu no dia 28 de janeiro, foi mobilizado 116 MWh.

Na Figura 19 está representado as mobilizações de energia de regulação no dia 24 de janeiro de 2020 por parte da ASLVAYS. Foi o dia do mês de janeiro onde ocorreu uma maior mobilização de energia no sentido a subir, ou seja, a diminuição do consumo por parte da instalação de consumo.

Esta mobilização ocorre desde as 15 horas até às 22 horas, correspondendo assim ao final do dia, sendo este dia uma sexta-feira, corresponde às últimas horas do horário laboral normal, e ao início de um horário pós-laboral.

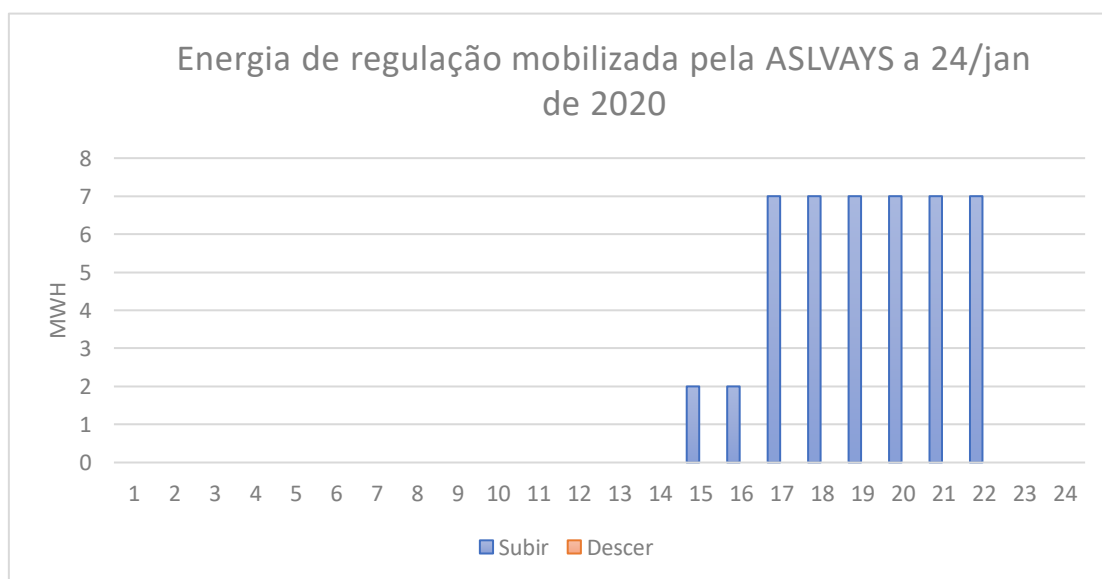


Figura 19 - Energia de regulação mobilizada pela ASLVAYS a 24/jan de 2020

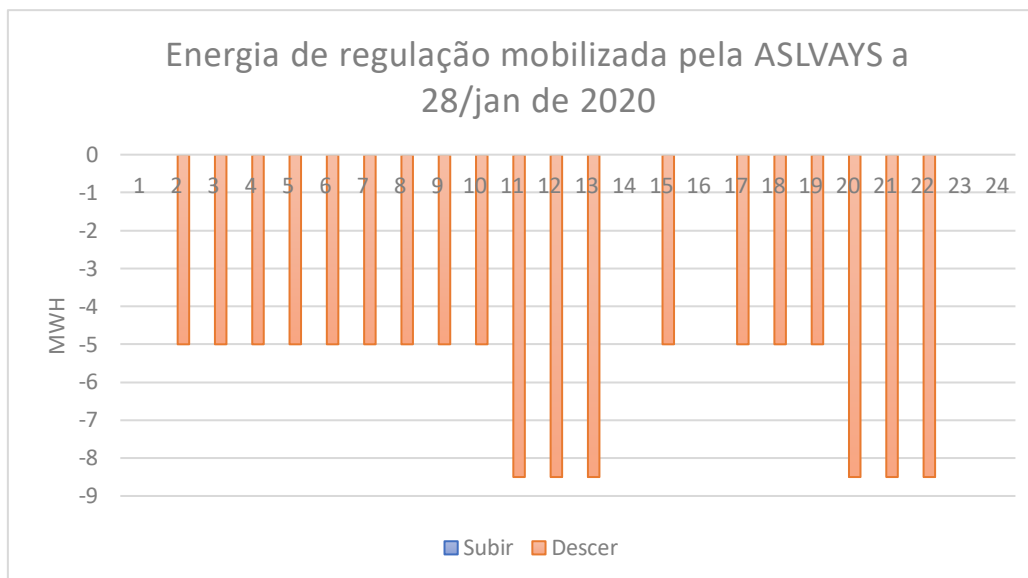


Figura 20 - Energia de regulação mobilizada pela ASLVAYS a 28/jan de 2020

Foram mobilizados durante 6 horas seguidas um volume de energia de 6 MWh no sentido a subir. Este decréscimo de consumo numa instalação industrial tem impacto, portanto o uso de alternativas de armazenamento de energia surge mais uma vez como a solução ideal para manter o funcionamento normal da instalação.

É possível agora analisar as mobilizações de energia de reserva no dia 28 de janeiro de 2020, dia onde ocorreu um maior volume de mobilizações no sentido a descer durante o mês de janeiro.

As mobilizações ocorreram de forma quase contínua durante todo o dia, havendo picos perto da hora de almoço desde as 11 horas até as 13 horas, e depois novamente ao fim do dia perto da hora de jantar desde as 20 horas até as 22 horas, onde o consumo desta instalação de consumo foi incrementado em 8,5 MWh.

Visto que apenas durante as horas número 1, 14, 16, 23 e 24 não ocorreu qualquer tipo de mobilização, a presença neste mercado requer uma vasta disponibilidade ao longo de todo o funcionamento da instalação, mesmo durante o fim de semana.

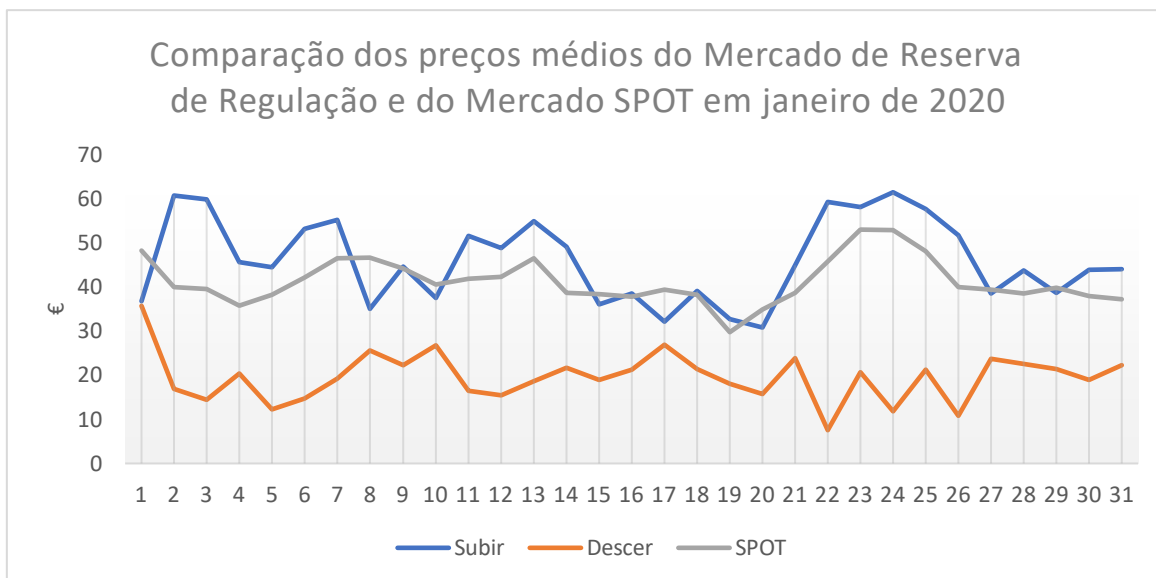


Figura 21 - Comparaçãõ dos preços médios do Mercado de Reserva de Regulaçãõ e do Mercado SPOT em janeiro de 2020

Na Figura 21 está representada a comparaçãõ dos preços médios da energia de regulaçãõ a subir e a descer com o preço médio de energia no mercado SPOT no mês de janeiro de 2020.

Assim como foi possível ver no mês de agosto de 2019, em regra geral o preço do mercado SPOT situa-se entre os dois valores do preço da energia de regulaçãõ, inferior ao preço da energia de regulaçãõ a subir e superior ao preço da energia de regulaçãõ a descer.

Nos dias 8, 10 e 17 o preço do mercado SPOT superiorizou-se ao preço da energia de regulaçãõ a subir no Mercado de Reserva de Regulaçãõ, mas nunca foi inferior ao preço da energia de regulaçãõ a descer no Mercado de Reserva de Regulaçãõ.

Observa-se também que no dia 24 de janeiro, ocorreu um maior volume de energia de regulaçãõ a subir mobilizada, coincidindo com o pico máximo de preço durante esse mês, sendo possível concluir que as ofertas de reserva de regulaçãõ a subir por parte desta instalaçãõ de consumo apresentam valores de preço superiores ao normalmente praticado neste mercado.

Desta forma, mantém-se a tendênciã de participaçãõ desta instalaçãõ de consumo no mercado de Reserva de Regulaçãõ quando o preço de energia no mercado SPOT se encontra entre os valores da energia de regulaçãõ. Permitindo a instalaçãõ a consumir energia quando requisitada (Energia de regulaçãõ a baixar) mais barata do que o valor do mercado diário e

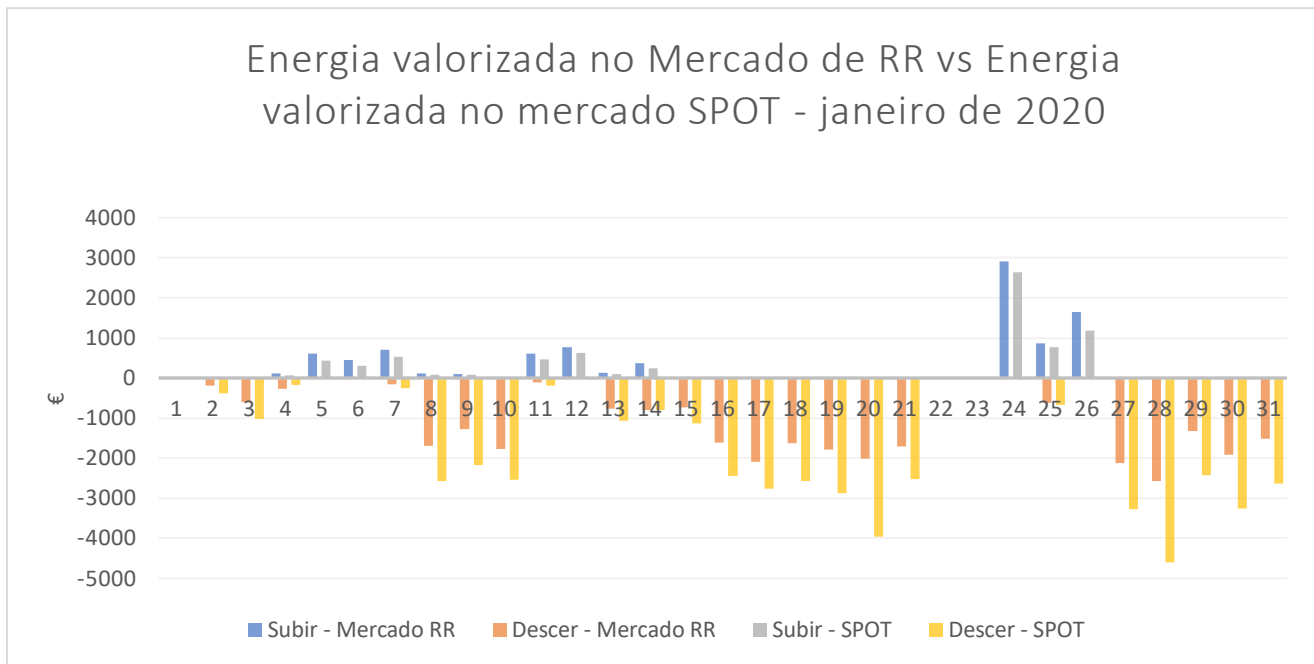


Figura 22 - Energia valorizada no Mercado de RR vs Energia valorizada no mercado SPOT - janeiro de 2020

ser recompensada por baixar o seu consumo, com uma valorização da energia de regulação a subir mais alta do que no mercado diário.

Na Figura 22 está representada a comparação entre a energia mobilizada pela instalação de consumo ASLVAYS valorizada no Mercado de Reserva de Regulação e valorizada ao preço do Mercado SPOT.

De acordo com os valores dos preços de energia apresentados quer do Mercado de Reserva de Regulação como os do Mercado SPOT retirados do site oficial da REN, foi construído o seguinte gráfico.

Durante o mês de agosto de 2020 foi mobilizado um total de 164 MWh de energia de regulação no sentido a subir, valorizada ao preço marginal do Mercado de Reserva de Regulação obtém-se um valor de 9399,96 € (CRTS) de acordo com a equação 3.6. Conseguindo um excedente de 1868,49 € em relação ao valor que se obteria caso esta energia fosse valorizada ao preço do Mercado SPOT, 7531,47 €.

Os números relacionados com a mobilização de energia no sentido a descer acompanham a dimensão do volume de energia mobilizada, apresentando uma valorização de 29271,41 €,

perante o valor de 1210 MWh de energia de regulação a descer mobilizada no Mercado de Reserva de Regulação.

Visto que esta mobilização no sentido a descer significa um aumento de consumo, esta mesma quantidade de energia consumida valorizada ao preço do Mercado SPOT seria traduzida num valor de 46309,85 €.

Estes valores resultam num saldo positivo de 17038,44 € (CRTB) de acordo com a equação 3.7, tendo em conta apenas o que se gastaria caso a energia consumida a mais fosse comprada no Mercado SPOT. Estes valores acompanhados de uma gestão eficiente de armazenamento, onde a energia consumida a mais fosse usada de forma útil, apresentam lucros significativos para a ASLVAYS.

Estes valores resultam num custo total da reserva de regulação (CRT) de 26438.4 € (CRTS + CRTB).

### **5.3. AVALIAÇÃO DA PARTICIPAÇÃO DA ASLVAYS E PREVISÕES PARA FUTUROS PARTICIPANTES**

De acordo com os resultados obtidos, quer a nível geral das instalações de consumo participantes no Projeto-Piloto, quer a nível individual da ASLVAYS é possível concluir que a participação do setor do consumo no Mercado de Reserva de Regulação está em constante crescimento desde a sua criação.

Apesar da evidente tendência de participação nas mobilizações de energia de regulação no sentido a descer, as instalações de consumo no geral apresentam números satisfatórios em termos percentuais de representatividade no conjunto de mobilizações de energia de regulação a subir no total do Mercado de Reserva de Regulação.

O aumento de volumes de energia de regulação mobilizada pela ASLVAYS de agosto de 2019 até janeiro de 2020 é significativo e faz prever um crescimento gradual ao longo do tempo. Houve um aumento de 23 MWh mobilizados no sentido a subir em agosto de 2019 para 164 MWh em janeiro de 2020. No sentido a descer, mobilizaram-se 592,5 MWh em agosto de 2019 e 1210 MWh em janeiro de 2020.

Por outro lado, este crescimento leva a concluir que a participação do consumo neste mercado será difícil para instalações que possuam pouca oferta capacitiva.

O facto de as mobilizações não apresentarem um perfil horário definido, como é possível ver nas Figuras 14, 15, 19 e 20, nem serem influenciadas por os dias da semana, como é possível ver nas Figuras 13 e 18, limita a participação de pequenos consumidores, e numa escala ainda mais pequena, instalações domésticas. Pois, mesmo ganhando escala através da agregação, a disponibilidade de mobilizar certas quantidades de energia a qualquer dia da semana, a qualquer hora do dia é difícil.

Em relação a formalização do preço é possível, através das Figuras 16 e 21, denotar uma certa tendência em baixar, no entanto, o facto de as mobilizações de energia aumentarem, levaram a um aumento de Custos associados à Reserva de Regulação associados a ASLVAYS e conseqüente aumento de benefícios por parte da mesma.

## 6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Mediante a situação atual dos Mercados de Energia na Europa, com o objetivo da criação de um mercado interno de eletricidade disposto na Diretiva UE 2019/944, a pretensão de se atingir a neutralidade carbónica nos sistemas de energia e o melhoramento constante da eficiência da distribuição de energia, Portugal decidiu ser um agente ativo nesta força conjunta Europeia.

A criação do Projeto-Piloto de Participação do Consumo no Mercado de Reserva de Regulação é uma ação que visa não só aumentar a competitividade nos mercados de eletricidade, como também incentivar a participação mais ativa do consumo. Esta participação é essencial para se atingir o grau de flexibilidade necessário a uma rede de eletricidade onde a produção renovável, variável e distribuída é cada vez mais presente.

No entanto a viabilidade da participação ativa dos consumidores é dependente da acessibilidade em tempo real aos seus valores de consumo, assim como da possibilidade de controlo do próprio consumo remotamente e por parte de terceiros. Desta forma, surge a possibilidade de agregadores ou entidades representativas realizarem a gestão no contexto de mercado do consumo de uma instalação.

O objetivo principal desta dissertação foi avaliar a participação do consumo na fase de execução do Projeto-Piloto, de modo a entender de que forma o consumo poderá participar neste Mercado, e quais os entraves ainda existentes.

No capítulo 4, após a apresentação das disposições gerais do Projeto-Piloto de Participação do Consumo no Mercado de Reserva de Regulação, é possível enumerar desde já algumas dificuldades face à participação plena das instalações de consumo neste mercado. O facto de apenas as instalações que tenham uma capacidade de oferta igual ou superior a 1 MW, e que estejam ligadas à rede em nível de tensão igual ou superior a Média Tensão serem consideradas elegíveis para participar no Projeto-Piloto, limita o número de participantes possíveis, a um número reduzido de instalações de consumo a nível nacional. Para além disso, a possibilidade de agregação de consumo ainda não é permitida.

Para além da definição de reserva de regulação mínima a subir e a descer que depende de previsões de consumo e de potência eólica para cada momento (Equações 3.3 e 3.4), as mobilizações de energia de regulação não se encontram no âmbito de decisão do agente pois são emitidas pela REN. Desta forma, uma mobilização no sentido a subir implica uma diminuição no consumo da instalação, que apesar de ser remunerada, sem uma gestão eficiente do consumo pode apresentar prejuízo no funcionamento normal da instalação. No caso contrário, uma mobilização no sentido a descer, implica um aumento no valor de consumo, e caso esta energia não seja direcionada de forma produtiva na instalação de consumo pode causar um gasto desnecessário para a mesma. Posto isto, a necessidade de capacidade de armazenamento surge como um elemento quase essencial para o consumo retirar benefício deste mercado.

Contudo, os primeiros resultados do Projeto-Piloto mostraram um interesse significativo por parte do consumo, com 28 instalações a mostrarem-se interessadas, sendo que destas, 20 propusera-se a participar através de um representante. Mas apenas 3 instalações começaram a participar no Projeto-Piloto desde início, o que levou a valores de energia mobilizada relativamente baixos em comparação ao total de energia mobilizada nos primeiros meses de execução, julho, agosto e setembro de 2019. No entanto estes primeiros resultados foram considerados promissores e mediante alguns aspetos a melhorar apresentados pela REN (Capítulo 4.1.3) foi decidido prorrogar as regras referentes ao Projeto-Piloto até a revisão do Manual de Procedimentos da gestão Global do Sistema estar concluída.

Com esta prorrogação, e já considerando seis instalações participantes na fase de execução do projeto, apesar de apenas quatro apresentarem ofertas, foi notório um aumento de energia mobilizada, com uma evidente tendência no sentido a descer, ou seja, um aumento do consumo. O pico no volume de energia mobilizada no Mercado de Reserva de Regulação deu-se em março de 2020, continuando uma tendência dos meses anteriores.

De acordo com as percentagens de energia mensal mobilizada em relação às ofertas apresentadas em ambos os sentidos (Figura 7) durante a fase de execução, onde foram mobilizadas 24% das ofertas apresentadas pelo consumo no sentido a subir e 48% no sentido a baixar, foi possível concluir que as instalações de consumo sentiram mais dificuldades em afirmar-se no mercado nos meses de inverno, e novembro a janeiro principalmente. No entanto durante estes meses de inverno, os resultados em relação à energia mobilizada a subir são mais satisfatórios apresentando uma maior facilidade em descer o consumo do que aumentar durante os meses mais frios do ano.

As instalações de consumo marcaram o preço de reserva de regulação a subir em cerca de 21% do total de mobilizações, e a descer em 9%. Apesar de ainda serem valores baixos, através da análise ao perfil horário das várias instalações foi possível concluir que as instalações de consumo marcaram em média, mais o preço durante o vazio, ou seja, durante a noite entre a primeira e a oitava hora. Desta forma, é possível concluir será vantajoso para as instalações de consumo realizarem uma gestão para ofertarem energia de regulação neste horário.

Dos 401 mil euros de benefícios obtidos pelas instalações de consumo, retirando os custos evitados com as tarifas de acesso às redes, uma grande parte, cerca de 31%, são proveitos furto de mobilizações de Energia de Regulação a Descer. Indicando que o consumo terá mais benefício ao explorar este sentido de mobilização. É neste sentido também que o consumo consegue impactar mais na formação do preço da energia de regulação, alcançando em março um valor de 19% de variação de preço de energia de regulação a baixar com e sem a participação do consumo.

Devido ao regulamento em vigor, espera-se difícil a introdução de agregadores de consumo neste mercado devido as questões técnicas e operacionais a ele inerente, e ao facto de pequenos consumidores presentes em níveis de tensão mais baixa, por exemplo na rede de distribuição, conseguirem lidar com mobilizações já anteriormente praticadas sem que haja

perdas nem risco de segurança na rede. Do mesmo modo, em [37], dissertação realizada simultaneamente na PH Energia, Lda., concluiu-se que será fácil pequenos produtores devido à necessidade de possuir uma área de balanço e ao carácter intermitente das produções. No entanto uma agregação conjunta entre produção e consumo, será uma solução a ter em conta quando a regulamentação e habilitações técnicas forem revistas, visto que desta forma é possível ganhar escala e gerir as ofertas de forma conjunta.

No capítulo 5 foi realizada uma análise à participação individual de uma das instalações de consumo participantes na fase de execução do Projeto-Piloto, com o principal objetivo de entender a participação individual de uma instalação e qual o benefício obtido. A instalação estudada foi a Solvay Portugal, S.A..

Realizou-se a análise para dois meses distintos, agosto de 2019 e janeiro de 2020, de forma a ser possível ver a evolução ao longo do Projeto-Piloto.

Em ambos os meses foi possível concluir, através do volume de energia de regulação mobilizada pela ASLVAYS que as mobilizações ocorrem sem preferência de dias da semana, nomeadamente o fim-de-semana.

Em termos de distribuição diária, através da análise de dias específicos de ambos os meses, denotou-se uma ligeira tendência em haver um maior número de mobilizações durante a madrugada, apesar de ocorrências em médias em todas as horas do dia.

A formação de preço de Reserva de Regulação teve um comportamento idêntico que corresponde aos resultados gerais apresentados no Relatório previsto no artigo 16.º da Diretiva n.º4/2019. O preço da reserva de regulação a subir é normalmente superior ao preço no mercado SPOT do mesmo dia, e pelo contrário o preço da reserva de regulação a descer é inferior ao preço da energia no mercado SPOT.

Houve uma diminuição dos valores do preço médio das três parcelas desde agosto de 2019 até janeiro de 2020. De 47,80 € para 46,09 € o preço da reserva de regulação a subir, de 25,83 € para 19,60 € o preço de reserva de regulação a descer e de 44,96 € para 41,33 €.

Em termos de valorização da energia mobilizada, os benefícios acompanharam o aumento de reserva mobilizada pela ASLVAYS. Foi também calculado o valor da valorização de regulação através do seu custo para o sistema, de modo a se ter conhecimento dos ganhos que uma instalação de consumo com uma disponibilidade idêntica à ASLVAYS poderá ter

mensalmente. Em agosto de 2019 foi obtido o valor de 9404,59 €, e em janeiro de 2020 houve um aumento de benefícios para 26438,4 €.

Todas as conclusões e factos constatados servirão para entender de que forma uma empresa como a PH Energia, na qualidade de representante, poderá participar no mercado de Reserva de Regulação.

Futuramente, casos os requisitos técnicos assim o permitam, será interessante realizar um estudo a nível do consumo doméstico com garantias de armazenamento, a viabilidade de agregação de uma comunidade, beneficiando dos preços praticados no Mercado de Reserva de Regulação. Será também interessante realizar um estudo onde se defina modelos de agregação de consumo, e de consumo juntamente com produção para participação viável nos Mercados de Regulação, assim como modelos remuneratórios.

## *Referências Bibliográficas*

- [1] M. Fernandes, “Desenvolvimento de equipamento para ajuda ao consumo da energia elétrica em ambiente residencial,” p. 95, 2013.
- [2] IRENA, “Innovative Ancillary Services,” p. 24, 2019.
- [3] J. T. Saraiva, H. Heitor, N. Correia, and R. Araújo, “Ancillary services - The current situation in the Iberian electricity market and future possible developments,” *2011 IEEE PES Trondheim PowerTech Power Technol. a Sustain. Soc. POWERTECH 2011*, pp. 1–8, 2011.
- [4] Entsoe, “Electricity Balancing.” [Online]. Available: [https://www.entsoe.eu/network\\_codes/eb/](https://www.entsoe.eu/network_codes/eb/). [Accessed: 03-Mar-2020].
- [5] J. Costeira, M. Energia, J. Paulo, and T. Saraiva, “Renewable Integration in Balancing and Ancillary Services Market in the EU Markets,” Tese de Mestrado em Engenharia Electrotécnica. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2019.
- [6] ENTSO-E, “REGULAMENTO (UE) 2017/ 1485 DA COMISSÃO - de 2 de agosto de 2017 - que estabelece orientações sobre a operação de redes de transporte de eletricidade,” no. 2, 2017.
- [7] “Regulamento (UE) 2017/2195 da Comissão de 23 de novembro de 2017 que estabelece orientações relativas ao equilíbrio do sistema elétrico,” vol. 2017, no. 3, pp. 6–53, 2017.
- [8] Q. Wang, C. Zhang, Y. Ding, G. Xydis, J. Wang, and J. Østergaard, “Review of real-time electricity markets for integrating Distributed Energy Resources and Demand Response,” *Appl. Energy*, vol. 138, pp. 695–706, 2015.
- [9] R. A. C. van der Veen and R. A. Hakvoort, “The electricity balancing market: Exploring the design challenge,” *Util. Policy*, vol. 43, pp. 186–194, 2016.
- [10] E. R. dos S. E. ERSE, “INSTRUMENTOS PARA A PARTICIPAÇÃO DA OFERTA E DA PROCURA NA GESTÃO DO SISTEMA ELÉTRICO NACIONAL,” 2018.
- [11] L. Hirth and I. Ziegenhagen, “Balancing power and variable renewables: Three links,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 50, pp. 1035–1051, Oct. 2015.

- [12] ERSE, “Consulta Pública - Projeto Piloto para Participação do Consumo no Mercado de Reserva,” *Diário da República*, 2018.
- [13] L. Vandezande, L. Meeus, R. Belmans, M. Saguan, and J.-M. Glachant, “Well-functioning balancing markets: A prerequisite for wind power integration,” *Energy Policy*, vol. 38, no. 7, pp. 3146–3154, 2010.
- [14] Entsoe, “TERRE.” [Online]. Available: [https://www.entsoe.eu/network\\_codes/eb/terre/](https://www.entsoe.eu/network_codes/eb/terre/). [Accessed: 03-Mar-2020].
- [15] A. Marques, “European Platforms for the exchange of Balancing Energy TERRE and IGCC projects What is the purpose of the EB GL ?,” no. January, 2020.
- [16] J. C. L. Sousa, “Os Serviços de Sistema no MIBEL – Regras de fornecimento e de contratação e resultados obtidos de 2010 a 2012,” Tese de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013.
- [17] Parlamento Europeu, “Diretiva (Ue) 2019/944,” *J. Of. da União Eur.*, vol. 2018, no. 4, pp. 210–230, 2018.
- [18] J. T. Saraiva, H. Heitor, N. Correia, and R. Araújo, “Ancillary services in the Iberian Electricity market Current situation and harmonization approaches,” *2011 8th Int. Conf. Eur. Energy Mark. EEM 11*, pp. 556–561, 2011.
- [19] E. Lobato Miguélez, I. Egido Cortés, L. Rouco Rodríguez, and G. López Camino, “An overview of ancillary services in Spain,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 78, no. 3, pp. 515–523, 2008.
- [20] M. Scherer, M. Zima, and G. Andersson, “An integrated pan-European ancillary services market for frequency control,” *Energy Policy*, vol. 62, pp. 292–300, 2013.
- [21] N. (Faculdade de E. da U. do P. Soares, “Optimal Demand Response Program for Flexible Ramp Markets,” Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2018.
- [22] J. Iria, F. Soares, and M. Matos, “Optimal bidding strategy for an aggregator of prosumers in energy and secondary reserve markets,” *Appl. Energy*, vol. 238, no. October 2018, pp. 1361–1372, 2019.
- [23] ERSE, “Manual de Procedimentos da Gestão Global do Sistema do Setor Elétrico,” Lisboa, 2018.
- [24] REN - Redes Energéticas Nacionais, “Manual de Procedimento do Acerto de Contas,” *REN - Redes Energéticas Nac.*, p. 35, 2008.
- [25] ERSE, “Relatório Anual sobre os Mercados de Eletricidade e Gás Natural em 2018,”

- 2018.
- [26] J. Merino *et al.*, “Ancillary service provision by RES and DSM connected at distribution level in the future power system,” *SmartNet*, no. D1.1, pp. 1–171, 2016.
- [27] A. M. Pirbazari, “Ancillary services definitions, markets and practices in the world,” *2010 IEEE/PES Transm. Distrib. Conf. Expo. Lat. Am. TD-LA 2010*, pp. 32–36, 2011.
- [28] C. de R. do MIBEL, “INTEGRAÇÃO DA PRODUÇÃO RENOVÁVEL E DE COGERAÇÃO NO MIBEL E NA OPERAÇÃO DOS RESPECTIVOS SISTEMAS ELÉCTRICOS,” 2018.
- [29] ERSE, “Diretiva n.º 4/2019 - Aprovação das Regras do Projeto-Piloto de participação do consumo no mercado de reserva de regulação,” *Diário da República*, 2019.
- [30] ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “Regulamento De Operação Das Redes Do Setor Elétrico,” *Diário da República*, 2014.
- [31] ERSE, “Primeiros Resultados Projeto-Piloto De Participação Do Consumo No Mercado De Reserva De Regulação Relatório Previsto No Artigo 16 . º,” 2020.
- [32] ERSE, “PROJETO-PILOTO DE PARTICIPAÇÃO DO CONSUMO NO MERCADO DE RESERVA DE REGULAÇÃO RELATÓRIO PREVISTO NO ARTIGO 16 . º,” 2020.
- [33] J. Chaves, “Agregação de Produção Renovável no Âmbito da Produção em Regime de Mercado em Portugal,” Tese de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2019.
- [34] República Portuguesa, “Diário da República: Decreto-Lei n.º 162/2019 de 25 de outubro,” pp. 45–62, 2019.
- [35] ERSE, “Diretiva n.º 6/2020,” *Di*, p. 2020, 2020.
- [36] REN, “Energia de Reserva de Regulação,” 2020. [Online]. Available: [https://www.mercado.ren.pt/PT/Electr/InfoMercado/InfOp/Energia\\_de\\_Regulacao/Paginas/ReservadeRegulacao.aspx](https://www.mercado.ren.pt/PT/Electr/InfoMercado/InfOp/Energia_de_Regulacao/Paginas/ReservadeRegulacao.aspx). [Accessed: 01-Oct-2020].
- [37] B. Oliveira, “Participação da Produção Renovável no Mercado de Energia de Reserva de Regulação,” Tese de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2020.

## Anexo A. Dados de Mercado referentes a agosto de 2019

Data	RESERVA_SUBIR_SOL VAY	RESERVA_DESCER_ SOLVAY	RESERVA_SUBIR_TOTAL	RESERVA_DESCER_TOTAL	Preço_médio_a_subi r
1/ago	0	-47	0	3934,17	36,7875
2/ago	0	-33,5	677,25	3902,82	46,01166667
3/ago	0	-40	229,04	3755,06	45,10416667
4/ago	0	-34	181,71	2277,63	48,90458333
5/ago	0	-48,5	610,92	5739,98	47,12333333
6/ago	0	-6	3584,65	874,3	58,26666667
7/ago	0	-19	1227,02	2676,75	47,55541667
8/ago	0	-8	762,91	4667,91	47,89083333
9/ago	1	-10,5	1284,12	3015,87	55,89125
10/ago	0	0	685,95	4472,39	52,1125
11/ago	0	0	861	4664,83	55,68125
12/ago	0	0	456,96	7816,09	43,57458333
13/ago	0	-27,5	207,14	7390,63	45,61791667
14/ago	0	-24	225,57	4864,46	48,23291667
15/ago	0	-25	3229,29	1621,12	50,6
16/ago	0	-14	2524,26	980,75	52,39166667
17/ago	0	-32	321,46	2936,99	48,24583333
18/ago	0	-18	766,09	1211,72	53,54791667
19/ago	0	-18	1422,09	6068,4	46,42291667
20/ago	0	-28,5	255,68	7210,64	44,17916667
21/ago	0	-23,5	2135,73	3585,59	47,66041667
22/ago	0	-10,5	2423,62	363,26	49,76166667
23/ago	0	-11	2096,46	542,64	51,89583333
24/ago	9	-4,5	850,35	728,92	52,1175
25/ago	10,5	-6	241,54	3056,52	46,34416667
26/ago	0	-7,5	236,49	8219,64	45,84375
27/ago	0	0	0	3532,36	31,08333333
28/ago	2,5	-9	2,5	2366,42	41,66666667
29/ago	0	-28,5	401,71	2928,43	47,94666667
30/ago	0	-21,5	264,78	2505,77	45,435
31/ago	0	-37	576,73	1936,48	48,06333333
TOTAL	23	-592,5	28743,02	109848,54	47,80517473

Anexo A 1 – Screenshot 1 da tabela realizada com os dados de mercado referentes a agosto de 2019.

Data	Preço médio a descer	Preço médio SPOT	GANHO_RESERVA REG_SUBIR	GANHO_RESERVA REG_DESC R	GANHO_RESERVA REG_S UBIR SPOT	GANHO_RESERVA REG_DESC ER SPOT
1/ago	35,71916667	48,21458333	0	-1764,64	0	-2308,995
2/ago	32,64916667	48,85333333	0	-1275,575	0	-1708,425
3/ago	35,47833333	47,40916667	0	-1400,2	0	-1900,8
4/ago	30,5175	46,40791667	0	-1203,32	0	-1545,24
5/ago	33,83125	50,27333333	0	-1731,4	0	-2450,905
6/ago	21,545	49,96791667	0	-230,82	0	-286,96
7/ago	32,19208333	49,45875	0	-778,38	0	-952,43
8/ago	30,46875	47,88666667	0	-289,9	0	-370,81
9/ago	29,60291667	43,95333333	61,78	-400,19	42,6	-476,51
10/ago	29,91208333	46,19375	0	0	0	0
11/ago	26,83125	42,47958333	0	0	0	0
12/ago	21,02708333	43,59458333	0	0	0	0
13/ago	21,92208333	42,96416667	0	-620,475	0	-1228,065
14/ago	25,53958333	45,69583333	0	-657	0	-1104,145
15/ago	19,77708333	40,7825	0	-626,25	0	-977,395
16/ago	21,39166667	44,47875	0	-428,6	0	-620,535
17/ago	25,25208333	41,9075	0	-926,25	0	-1342,775
18/ago	17,405	38,87916667	0	-481,65	0	-659,815
19/ago	27,02958333	41,48041667	0	-540,885	0	-789,73
20/ago	26,11708333	40,02541667	0	-807,9	0	-1144,7
21/ago	20,49166667	41,11458333	0	-546,95	0	-1013,47
22/ago	20,25666667	40,9975	0	-270,735	0	-415,98
23/ago	14,165	41,4075	0	-284,47	0	-463,72
24/ago	16,14	42,13958333	499,8	-139,68	372,105	-195
25/ago	20,82208333	39,28083333	518,01	-192,75	406,08	-251,04
26/ago	27,19083333	43,17625	0	-115,875	0	-270,195
27/ago	28,94708333	50,31125	0	0	0	0
28/ago	34,50166667	51,19375	125	-355,5	122,5	-450,315
29/ago	27,04166667	50,06541667	0	-990,375	0	-1463,485
30/ago	27,43666667	49,38833333	0	-655,155	0	-1065,685
31/ago	19,73666667	43,83875	0	-1094,775	0	-1552,635
TOTAL	25,83673387	44,96194892	1204,59	-18809,7	943,285	-27009,76

Anexo A 2 - Screenshot 2 da tabela realizada com os dados de mercado referentes a agosto de 2019.

## Anexo B. Dados de Mercado referentes a janeiro de 2020

Data	RESERVA_DESCER_SOLVA		RESERVA_DESCER_SOLVA	RESERVA_SUBIR TOTAL	RESERVA_DESCER TOTAL	Preço médio a subi	Pr
	RESERVA_SUBIR_SOLVAY	Y					
1/jan	0	-47	0	3934,17	36,7875		
2/jan	0	-8,5	4568,7	605,58	60,80625		
3/jan	0	-22	2196,96	896,7	59,875		
4/jan	2	-5	3478,48	871,41	45,61		
5/jan	10	0	3643,94	219,59	44,45125		
6/jan	8	0	5603,09	1,2	53,14166667		
7/jan	12	-5	5624,71	116,42	55,20166667		
8/jan	2	-49	1018,34	4194,96	35,1025		
9/jan	2	-44	2473,15	3571,81	44,57708333		
10/jan	0	-59	20,49	8416,85	37,54166667		
11/jan	12	-5	1541,32	2066,86	51,55208333		
12/jan	14	0	3421,61	859,46	48,82375		
13/jan	2	-21	4120,15	1496,85	54,98541667		
14/jan	8	-20	9013,41	593,31	49,1925		
15/jan	0	-25	1283,1	7810,35	36,09125		
16/jan	0	-59	387,47	8076,62	38,45666667		
17/jan	0	-64	0	9074,74	32,07708333		
18/jan	0	-66	126,21	8642,93	39,11		
19/jan	0	-96	6,9	10211,43	32,69083333		
20/jan	0	-103	226,5	5678,82	30,81541667		
21/jan	0	-63,5	1063,04	2407,46	44,8625		
22/jan	0	0	2553,97	258,73	59,26333333		
23/jan	0	0	5366,68	1302,7	58,07166667		
24/jan	46	0	7237,15	426,06	61,47708333		
25/jan	16	-14	2458,86	491,87	57,71875		
26/jan	30	0	6817,4	405,32	51,70875		
27/jan	0	-81,5	394,79	4536,66	38,56916667		
28/jan	0	-116	214,39	8502,08	43,79833333		
29/jan	0	-60,5	268,58	6721,14	38,73708333		
30/jan	0	-102	415,73	3908,83	43,94708333		
31/jan	0	-74	868,46	3432,89	43,99208333		
TOTAL	164	-1210	76413,58	109733,8	46,09791667		

Anexo B 1 - Screenshot 1 da tabela realizada com os dados de mercado referentes a janeiro de 2020.

Data	Preço_médio_a_des cer	Preço_médio_SPOT	GANHO_RESERVA _REG_SUBIR	GANHO_RESERVA_REG_DE SCER	GANHO_RESERVA_REG_SUBIR_ SPOT	GANHO_RESERVA_REG_DESC ER_SPOT
1/jan	35,71916667	48,21458333	0	0	0	0
2/jan	16,86916667	39,995	0	-187,595	0	-383,86
3/jan	14,4375	39,50625	0	-610,51	0	-1014,91
4/jan	20,32666667	35,70458333	113,94	-265	64,1	-180,55
5/jan	12,24541667	38,17541667	615,08	0	430,32	0
6/jan	14,75416667	42,16625	455,76	0	305,34	0
7/jan	19,20583333	46,52916667	707,64	-149,95	533,82	-254,05
8/jan	25,59833333	46,72375	119,9	-1697,77	84	-2574,7
9/jan	22,33458333	44,22666667	98	-1284,68	76,02	-2163,92
10/jan	26,71916667	40,53375	0	-1769,37	0	-2533,25
11/jan	16,41958333	41,83916667	608,48	-110,05	466,24	-193
12/jan	15,42666667	42,35958333	761,66	0	631,54	0
13/jan	18,60083333	46,48708333	125,14	-771,86	101,34	-1066,2
14/jan	21,7325	38,67791667	367,12	-792,85	242,28	-790,4
15/jan	18,94166667	38,45125	0	-725,305	0	-1126,145
16/jan	21,22708333	37,87458333	0	-1610,63	0	-2437,12
17/jan	26,91208333	39,39666667	0	-2093,295	0	-2767,49
18/jan	21,41375	38,29541667	0	-1628,49	0	-2576,61
19/jan	18,02	29,76458333	0	-1790,26	0	-2882,79
20/jan	15,72416667	34,93875	0	-2006,955	0	-3967,215
21/jan	23,92	38,73583333	0	-1707,515	0	-2523,93
22/jan	7,543333333	45,85541667	0	0	0	0
23/jan	20,62083333	53,00958333	0	0	0	0
24/jan	11,89208333	52,9275	2918,15	0	2642,83	0
25/jan	21,21958333	48,17541667	861,4	-617,92	772,84	-670,29
26/jan	10,86666667	40,00791667	1647,69	0	1180,8	0
27/jan	23,71291667	39,34041667	0	-2129,88	0	-3281,505
28/jan	22,5475	38,47041667	0	-2568,42	0	-4603,18
29/jan	21,43541667	39,77125	0	-1327,425	0	-2432,48
30/jan	18,98291667	37,94875	0	-1908,455	0	-3254,105
31/jan	22,31166667	37,23291667	0	-1517,22	0	-2632,15
TOTAL	19,60262097	41,33341398	9399,96	-29271,405	7531,47	-46309,85

Anexo B 2 - Screenshot 2 da tabela realizada com os dados de mercado referentes a janeiro de 2020.

