

**FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO**

# **Impacto da Flexibilidade do Consumo nos Preços de Mercado Ibérico de Eletricidade considerando os Preços de 2025**

**António Maria Jacques Calderón Valente de Matos**



**Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores**

**Orientador: Prof. João Paulo Tomé Saraiva**

24 de julho de 2026



# **Impacto da Flexibilidade do Consumo nos Preços de Mercado Ibérico de Eletricidade considerando os Preços de 2025**

**António Maria Jacques Calderón Valente de Matos**

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Aprovado em provas públicas pelo Júri:

Presidente: Prof. José Rui da Rocha Pinto Ferreira

Arguente: Prof. Maria Judite Madureira da Silva Ferreira

Vogal: Prof. João Paulo Tomé Saraiva

24 de julho de 2026





# Resumo

A transição energética para economias neutras em carbono transformou fundamentalmente os mercados europeus de eletricidade. O Mercado Ibérico de Eletricidade (MIBEL), partilhado por Portugal e Espanha, exemplifica esta transformação, com as fontes de energia renovável a representarem uma porção maioritária da capacidade de geração. Em 2025, a crescente penetração de energia renovável variável criou desafios sem precedentes na dinâmica dos preços de mercado, com volatilidade crescente e ocorrências periódicas de preços negativos durante períodos de excesso de geração.

Esta dissertação quantifica o impacto da flexibilidade do consumidor nos preços do mercado diário do MIBEL, identificando as condições sob as quais a provisão de flexibilidade é mais valiosa e avaliando as suas implicações económicas para diferentes contextos de mercado. Para o efeito, foi desenvolvida uma ferramenta computacional em Python capaz de simular transferências de consumo entre períodos horários e de quarto de hora, recorrendo a dados reais das curvas de oferta e procura disponibilizados pelo OMIE para todos os dias de 2025.

O estudo abrangeu dois regimes de funcionamento do mercado — horário (janeiro a setembro) e MTU15 com intervalos de 15 minutos (outubro a dezembro) — e analisou cenários de transferência de consumo entre horas adjacentes e horas distantes, com dois e três períodos envolvidos. Através de um modelo simplificado de mercado e da Função de Benefício Social, avaliou-se o impacto das transferências nos preços marginais e no bem-estar económico do mercado ibérico.

Os resultados obtidos demonstram que a flexibilidade do consumidor gera benefícios económicos mensuráveis. Nos cenários de dias isolados, os ganhos de Benefício Social variaram entre +3,95% e +16,00%, sendo mais expressivos em dias com elevado diferencial de preço entre a hora de ponta e as horas de geração solar máxima (estudo de horas distantes) — fenómeno associado à *duck curve*. Na análise mensal sistemática, a transferência de apenas 10% do consumo da hora 20 para a hora 19, aplicada a todos os dias de 2025, gerou um aumento acumulado de 372,34 M€ no Benefício Social, com ganhos positivos em todos os meses do ano sem exceção.

Estes resultados evidenciam que a deslocação de consumo, mesmo em volumes moderados, tem um impacto económico substancial no MIBEL, e que esse impacto é particularmente relevante nos meses de verão e nos meses de outono/inverno em regime MTU15. O trabalho contribui com evidência quantitativa para o debate sobre o desenho de mercados de flexibilidade na Península Ibérica, com implicações directas para reguladores, operadores de sistema e agregadores de flexibilidade.



# Abstract

The energy transition towards carbon-neutral economies has fundamentally transformed European electricity markets. The Iberian Electricity Market (MIBEL), shared by Portugal and Spain, exemplifies this transformation, with renewable energy sources now representing a substantial share of generation capacity. In 2025, this growing penetration of variable renewable energy created unprecedented challenges in market price dynamics, with increasing volatility and periodic occurrences of negative prices during periods of excess generation.

This dissertation quantifies the impact of consumer flexibility on day-ahead MIBEL market prices, identifying the conditions under which the provision of flexibility is most valuable and assessing its economic implications across different market contexts. To this end, a computational tool was developed in Python capable of simulating consumption transfers between hourly and quarter-hourly periods, using real supply and demand curve data published by OMIE for all days of 2025.

The study covered two market operating regimes — hourly (January to September) and MTU15 with 15-minute intervals (October to December) — and analysed consumption transfer scenarios between adjacent and distant hours, involving two and three periods. Using a simplified market model and a Social Welfare Function, the impact of transfers on marginal prices and on the economic welfare of the Iberian market was assessed.

The results demonstrate that consumer flexibility generates measurable economic benefits. In isolated day scenarios, Social Welfare gains ranged between +3,95% and +16,00%, being most expressive on days with a high price differential between peak hours and hours of maximum solar generation — a phenomenon associated with the duck curve effect. In the systematic monthly analysis, transferring just 10% of consumption from hour 20 to hour 19, applied to all days of 2025, generated a cumulative increase of 372,34 M€ in Social Welfare, with positive gains in every month of the year without exception.

These results demonstrate that consumption shifting, even in moderate volumes, has a substantial economic impact on MIBEL, and that this impact is particularly relevant during summer months and during autumn/winter months under the MTU15 regime. This work contributes quantitative evidence to the debate on the design of flexibility markets in the Iberian Peninsula, with direct implications for regulators, system operators, and flexibility aggregators.



# Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas constituem um quadro global para alcançar um futuro melhor e mais sustentável para todos. Incluem 17 objetivos que visam responder aos desafios mais prementes do mundo, nomeadamente a pobreza, a desigualdade, as alterações climáticas, a degradação ambiental, a paz e a justiça.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável especificamente relacionados com o presente trabalho são os seguintes:

**SDG 7** - Garantir o acesso a energia limpa, acessível, fiável e moderna para todos;

**SDG 8** - Promover o crescimento económico sustentado, inclusivo e sustentável, o emprego pleno e produtivo e o trabalho digno para todos;

**SDG 12** - Garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis.

| SGD | Target | Contribuição                                                                                                                                                                                                                               | Indicadores de Desempenho                                                                                           |
|-----|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7   | 7.2    | A ferramenta desenvolvida quantifica o valor económico da flexibilidade que viabiliza maior integração de renováveis variáveis no MIBEL, reduzindo os custos de sistema associados ao excesso de geração                                   | Aumento do Benefício Social com maior penetração renovável; redução de preços marginais nas horas de ponta          |
|     | 7.3    | A deslocação do consumo das horas de ponta para horas de elevada geração solar melhora a eficiência do sistema ao reduzir o desperdício de energia renovável                                                                               | Redução do diferencial intradiário de preços; ganho acumulado de 372,34 M€ de Benefício Social em 2025              |
| 8   | 8.1    | A redução dos preços de ponta através da flexibilidade diminui os custos de energia para a indústria e os consumidores, contribuindo para a competitividade económica da Península Ibérica                                                 | Redução dos preços marginais nas horas de ponta; impacto mensal nos custos do sistema                               |
|     | 8.4    | A flexibilidade do consumidor permite uma alocação mais eficiente dos recursos energéticos no mercado ibérico, reduzindo custos sistémicos para consumidores e produtores                                                                  | Variação da Função de Benefício Social nos cenários simulados; ganhos entre 3,95% e 16,00%                          |
| 12  | 12.2   | A deslocação temporal de consumo para horas de elevada produção renovável reduz a necessidade de despacho de centrais a combustíveis fósseis nas horas de ponta, promovendo um uso mais sustentável dos recursos                           | Redução dos preços marginais nas horas de ponta, que reflecte menor recurso a tecnologias de custo marginal elevado |
|     | 12.8   | O desenvolvimento de uma ferramenta computacional acessível para simular transferências de consumo contribui para a literacia e adoção de práticas de flexibilidade por parte de comercializadores, agregadores e consumidores industriais | Disponibilidade da ferramenta para análise de todos os dias de 2025 nos dois regimes de mercado                     |

# Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de expressar a minha sincera gratidão ao meu orientador, o Professor João Paulo Tomé Saraiva, por toda a disponibilidade e orientação ao longo da elaboração desta tese. O seu vasto conhecimento, a partilha de ideias e os conselhos pertinentes que me foi dando revelaram-se fundamentais para o bom desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

À minha família, deixo um agradecimento profundo por serem a minha maior base de apoio. Obrigado pelo vosso incentivo incondicional e por sempre acreditarem em mim durante as fases mais exigentes de todo este percurso académico. Sem esse suporte, alcançar esta meta não teria sido possível.

Por fim, aos meus amigos, o meu muito obrigado por estarem sempre presentes. Agradeço todos os momentos que partilhámos, desde convívios a estudos intensivos não podia ter escolhido melhores pessoas para viver esta jornada tão importante das nossas vidas.

O meu especial obrigado,

António Matos





*“We do not inherit the earth from our ancestors; we borrow it from our children.”*

Antoine de Saint-Exupéry



# Índice

|                                                                                                            |            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Acknowledgements</b>                                                                                    | <b>vii</b> |
| <b>1 Introdução</b>                                                                                        | <b>1</b>   |
| 1.1 Aspectos Gerais . . . . .                                                                              | 1          |
| 1.2 Contextualização do problema . . . . .                                                                 | 2          |
| 1.3 Objetivos . . . . .                                                                                    | 2          |
| 1.4 Estrutura da dissertação . . . . .                                                                     | 3          |
| <b>2 MIBEL</b>                                                                                             | <b>5</b>   |
| 2.1 Organização estrutural do MIBEL . . . . .                                                              | 5          |
| 2.2 Mercado diário . . . . .                                                                               | 6          |
| 2.3 <i>Market Splitting</i> . . . . .                                                                      | 8          |
| 2.4 Mercado Intradiário . . . . .                                                                          | 10         |
| 2.5 Evolução dos preços no Mercado Diário do MIBEL . . . . .                                               | 10         |
| <b>3 Flexibilidade</b>                                                                                     | <b>13</b>  |
| 3.1 Aspectos Gerais da Flexibilidade . . . . .                                                             | 13         |
| 3.2 Estudos e modelos da Flexibilidade descritos na literatura . . . . .                                   | 15         |
| 3.2.1 Preços no mercado . . . . .                                                                          | 15         |
| 3.2.2 Mercados Locais de Flexibilidade para DSO . . . . .                                                  | 15         |
| 3.2.3 Coordenação TSO–DSO para Aquisição de Flexibilidade . . . . .                                        | 16         |
| 3.2.4 Mercados Locais de Flexibilidade para Comunidades de Energia . . . . .                               | 16         |
| 3.2.5 Avaliação de Mercados de Flexibilidade para Coordenação entre Comercializadores, DSO e TSO . . . . . | 16         |
| 3.2.6 Caracterização da Flexibilidade em Mercados e Sistemas de Energia . . . . .                          | 17         |
| 3.3 Mercados e Experiências de Contratação de Flexibilidade . . . . .                                      | 17         |
| 3.3.1 Mercados Locais de Flexibilidade na Europa . . . . .                                                 | 17         |
| 3.3.2 FIRMe . . . . .                                                                                      | 23         |
| 3.3.3 OneNet . . . . .                                                                                     | 24         |
| <b>4 Metodologia</b>                                                                                       | <b>25</b>  |
| 4.1 Descrição da Metodologia . . . . .                                                                     | 25         |
| 4.2 Fluxograma . . . . .                                                                                   | 26         |
| 4.3 Exemplo Ilustrativo . . . . .                                                                          | 28         |
| 4.4 Ferramenta computacional . . . . .                                                                     | 35         |
| 4.4.1 Descrição da Ferramenta . . . . .                                                                    | 35         |
| 4.4.2 Exemplo Ilustrativo . . . . .                                                                        | 36         |

|          |                                                 |            |
|----------|-------------------------------------------------|------------|
| <b>5</b> | <b>Resultados</b>                               | <b>39</b>  |
| 5.1      | Descrição das Simulações e Resultados . . . . . | 39         |
| 5.2      | Horas Adjacentes . . . . .                      | 39         |
| 5.2.1    | Análise de 2 Horas . . . . .                    | 39         |
| 5.2.2    | Análise de 3 horas . . . . .                    | 53         |
| 5.3      | Horas Distantes . . . . .                       | 73         |
| 5.3.1    | Análise de 2 horas . . . . .                    | 73         |
| 5.3.2    | Análise de 3 horas . . . . .                    | 87         |
| 5.4      | Discussão Global dos Casos de Estudo . . . . .  | 106        |
| 5.5      | Análise Mensal . . . . .                        | 107        |
| <b>6</b> | <b>Conclusão</b>                                | <b>111</b> |
| 6.1      | Síntese dos Resultados Obtidos . . . . .        | 111        |
| 6.2      | Propostas de Trabalhos Futuros . . . . .        | 112        |
| <b>A</b> | <b>Anexos</b>                                   | <b>121</b> |

# Lista de Figuras

|      |                                                                                                                          |    |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1  | Curvas de compra e venda para o terceiro período da hora 10 do dia 20 de outubro de 2025 [41]. . . . .                   | 7  |
| 2.2  | Função de Benefício Social. . . . .                                                                                      | 8  |
| 2.3  | Evolução dos preços médios diários do MIBEL entre 2007 e 2025. [44] . . . . .                                            | 11 |
| 4.1  | Fluxograma da metodologia desenvolvida . . . . .                                                                         | 26 |
| 4.2  | Ficheiro Excel diretamente retirado do site da OMIE sem alterações . . . . .                                             | 29 |
| 4.3  | Filtragem das ofertas de venda . . . . .                                                                                 | 30 |
| 4.4  | Filtragem das ofertas de compra . . . . .                                                                                | 31 |
| 4.5  | Preço Marginal na hora 19 do dia 15 de fevereiro de 2025 . . . . .                                                       | 32 |
| 4.6  | Preço Marginal na hora 20 do dia 15 de fevereiro de 2025 . . . . .                                                       | 32 |
| 4.7  | Compras originais na hora 20 do dia 15 de fevereiro . . . . .                                                            | 33 |
| 4.8  | Processo de retirar a energia das ofertas mais caras . . . . .                                                           | 33 |
| 4.9  | Compras atualizadas na hora 20 do dia 15 de fevereiro . . . . .                                                          | 33 |
| 4.10 | Compras originais na hora 19 do dia 15 de fevereiro de 2025 . . . . .                                                    | 33 |
| 4.11 | Compras atualizadas na hora 19 do dia 15 de fevereiro de 2025 . . . . .                                                  | 33 |
| 4.12 | Novas curvas de mercado para a hora 19 do dia 15 de fevereiro de 2025 . . . . .                                          | 34 |
| 4.13 | Novas curvas de mercado para a hora 20 do dia 15 de fevereiro de 2025 . . . . .                                          | 34 |
| 4.14 | Interface do utilizador ao correr a ferramenta computacional . . . . .                                                   | 36 |
| 4.15 | Gráfico das curvas agregadas da oferta e demanda para a hora 19 originais gerada pela ferramenta computacional . . . . . | 37 |
| 4.16 | Gráfico das curvas agregadas da oferta e demanda para a hora 20 originais gerada pela ferramenta computacional . . . . . | 37 |
| 4.17 | Gráfico das curvas agregadas da oferta e demanda para a hora 19 simuladas gerada pela ferramenta computacional . . . . . | 38 |
| 4.18 | Gráfico das curvas agregadas da oferta e demanda para a hora 20 simuladas gerada pela ferramenta computacional . . . . . | 38 |
| 5.1  | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 19 . . . . .                                                            | 40 |
| 5.2  | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 20 . . . . .                                                            | 40 |
| 5.3  | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 19 simulada . . . . .                                                   | 41 |
| 5.4  | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 20 simulada . . . . .                                                   | 41 |
| 5.5  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q1 originais . . . . .                                            | 44 |
| 5.6  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q2 originais . . . . .                                            | 44 |
| 5.7  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q3 originais . . . . .                                            | 45 |
| 5.8  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q4 originais . . . . .                                            | 45 |
| 5.9  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q1 originais . . . . .                                            | 46 |
| 5.10 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q2 originais . . . . .                                            | 46 |

|      |                                                                               |    |
|------|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.11 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q3 originais . . . . . | 47 |
| 5.12 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q4 originais . . . . . | 47 |
| 5.13 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q1 simulado . . . . .  | 48 |
| 5.14 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q2 simulado . . . . .  | 48 |
| 5.15 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q3 simulado . . . . .  | 49 |
| 5.16 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q4 simulado . . . . .  | 49 |
| 5.17 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q1 simulado . . . . .  | 50 |
| 5.18 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q2 simulado . . . . .  | 50 |
| 5.19 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q3 simulado . . . . .  | 51 |
| 5.20 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q4 simulado . . . . .  | 51 |
| 5.21 | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 19 originais . . . . .       | 54 |
| 5.22 | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 20 originais . . . . .       | 55 |
| 5.23 | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 21 originais . . . . .       | 55 |
| 5.24 | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 19 simulada . . . . .        | 56 |
| 5.25 | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 20 simulada . . . . .        | 56 |
| 5.26 | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 21 simulada . . . . .        | 57 |
| 5.27 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q1 originais . . . . . | 60 |
| 5.28 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q2 originais . . . . . | 60 |
| 5.29 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q3 originais . . . . . | 61 |
| 5.30 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q4 originais . . . . . | 61 |
| 5.31 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q1 originais . . . . . | 62 |
| 5.32 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q2 originais . . . . . | 62 |
| 5.33 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q3 originais . . . . . | 63 |
| 5.34 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q4 originais . . . . . | 63 |
| 5.35 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H21Q1 originais . . . . . | 64 |
| 5.36 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H21Q2 originais . . . . . | 64 |
| 5.37 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H21Q3 originais . . . . . | 65 |
| 5.38 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H21Q4 originais . . . . . | 65 |
| 5.39 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q1 simulado . . . . .  | 66 |
| 5.40 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q2 simulado . . . . .  | 66 |
| 5.41 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q3 simulado . . . . .  | 67 |
| 5.42 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q4 simulado . . . . .  | 67 |
| 5.43 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q1 simulado . . . . .  | 68 |
| 5.44 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q2 simulado . . . . .  | 68 |
| 5.45 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q3 simulado . . . . .  | 69 |
| 5.46 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q4 simulado . . . . .  | 69 |
| 5.47 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H21Q1 simulado . . . . .  | 70 |
| 5.48 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H21Q2 simulado . . . . .  | 70 |
| 5.49 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H21Q3 simulado . . . . .  | 71 |
| 5.50 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H21Q4 simulado . . . . .  | 71 |
| 5.51 | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 14 originais . . . . .       | 74 |
| 5.52 | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 20 originais . . . . .       | 74 |
| 5.53 | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 14 simulada . . . . .        | 75 |
| 5.54 | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 20 simulada . . . . .        | 75 |
| 5.55 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q1 originais . . . . . | 78 |
| 5.56 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q2 originais . . . . . | 78 |
| 5.57 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q3 originais . . . . . | 79 |
| 5.58 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q4 originais . . . . . | 79 |

|       |                                                                                                            |     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.59  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q1 originais . . . . .                              | 80  |
| 5.60  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q2 originais . . . . .                              | 80  |
| 5.61  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q3 originais . . . . .                              | 81  |
| 5.62  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q4 originais . . . . .                              | 81  |
| 5.63  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q1 simulado . . . . .                               | 82  |
| 5.64  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q2 simulado . . . . .                               | 82  |
| 5.65  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q3 simulado . . . . .                               | 83  |
| 5.66  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q4 simulado . . . . .                               | 83  |
| 5.67  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q1 simulado . . . . .                               | 84  |
| 5.68  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q2 simulado . . . . .                               | 84  |
| 5.69  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q3 simulado . . . . .                               | 85  |
| 5.70  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q4 simulado . . . . .                               | 85  |
| 5.71  | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 12 originais . . . . .                                    | 88  |
| 5.72  | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 13 originais . . . . .                                    | 88  |
| 5.73  | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 20 originais . . . . .                                    | 89  |
| 5.74  | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 12 simulada . . . . .                                     | 89  |
| 5.75  | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 13 simulada . . . . .                                     | 90  |
| 5.76  | Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 20 simulada . . . . .                                     | 90  |
| 5.77  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H12Q1 originais . . . . .                              | 93  |
| 5.78  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H12Q2 originais . . . . .                              | 93  |
| 5.79  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H12Q3 originais . . . . .                              | 94  |
| 5.80  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H12Q4 originais . . . . .                              | 94  |
| 5.81  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q1 originais . . . . .                              | 95  |
| 5.82  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q2 originais . . . . .                              | 95  |
| 5.83  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q3 originais . . . . .                              | 96  |
| 5.84  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q4 originais . . . . .                              | 96  |
| 5.85  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q1 originais . . . . .                              | 97  |
| 5.86  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q2 originais . . . . .                              | 97  |
| 5.87  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q3 originais . . . . .                              | 98  |
| 5.88  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q4 originais . . . . .                              | 98  |
| 5.89  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H12Q1 simulado . . . . .                               | 99  |
| 5.90  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H12Q2 simulado . . . . .                               | 99  |
| 5.91  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H12Q3 simulado . . . . .                               | 100 |
| 5.92  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H12Q4 simulado . . . . .                               | 100 |
| 5.93  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q1 simulado . . . . .                               | 101 |
| 5.94  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q2 simulado . . . . .                               | 101 |
| 5.95  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q3 simulado . . . . .                               | 102 |
| 5.96  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q4 simulado . . . . .                               | 102 |
| 5.97  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q1 simulado . . . . .                               | 103 |
| 5.98  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q2 simulado . . . . .                               | 103 |
| 5.99  | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q3 simulado . . . . .                               | 104 |
| 5.100 | Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q4 simulado . . . . .                               | 104 |
| 5.101 | Comparação da variação percentual da Função de Benefício Social nos diferentes cenários simulados. . . . . | 107 |





# Lista de Tabelas

|      |                                                                                  |     |
|------|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1  | Resultados originais obtidos no ficheiro Excel disponibilizado pelo OMIE . . . . | 31  |
| 4.2  | Resultados do novo mercado obtidos no ficheiro Excel . . . . .                   | 35  |
| 5.1  | Resultados originais do dia 10 março . . . . .                                   | 40  |
| 5.2  | Resultados simulados do dia 10 março . . . . .                                   | 42  |
| 5.3  | Comparação dos resultados da Função de Benefício Social do dia 10 de março . .   | 42  |
| 5.4  | Resultados originais do dia 25 de novembro . . . . .                             | 43  |
| 5.5  | Resultados simulados do dia 25 de novembro . . . . .                             | 52  |
| 5.6  | Comparação dos resultados da Função de Benefício Social do dia 25 de novembro    | 53  |
| 5.7  | Resultados originais do dia 13 de maio . . . . .                                 | 54  |
| 5.8  | Resultados simulados do dia 13 de maio . . . . .                                 | 57  |
| 5.9  | Comparação dos resultados da Função de Benefício Social do dia 13 de maio . .    | 57  |
| 5.10 | Resultados originais do dia 6 de dezembro . . . . .                              | 59  |
| 5.11 | Resultados simulados do dia 6 de dezembro . . . . .                              | 72  |
| 5.12 | Comparação dos resultados da Função de Benefício Social do dia 6 de dezembro     | 73  |
| 5.13 | Resultados originais do dia 9 de junho . . . . .                                 | 74  |
| 5.14 | Resultados simulados do dia 9 de junho . . . . .                                 | 76  |
| 5.15 | Comparação dos resultados da Função de Benefício Social do dia 9 de junho . . .  | 76  |
| 5.16 | Resultados originais do dia 8 de novembro . . . . .                              | 77  |
| 5.17 | Resultados simulados do dia 8 de novembro . . . . .                              | 86  |
| 5.18 | Comparação dos resultados da Função de Benefício Social do dia 8 de novembro     | 87  |
| 5.19 | Resultados originais do dia 21 de abril . . . . .                                | 87  |
| 5.20 | Resultados simulados do dia 21 de abril . . . . .                                | 91  |
| 5.21 | Comparação dos resultados da Função de Benefício Social do dia 21 de abril . .   | 91  |
| 5.22 | Resultados originais do dia 29 de outubro . . . . .                              | 92  |
| 5.23 | Resultados simulados do dia 29 de outubro . . . . .                              | 105 |
| 5.24 | Comparação dos resultados da Função de Benefício Social do dia 29 de outubro .   | 106 |
| 5.25 | Resultados mensais da Função de Benefício Social em M€ . . . . .                 | 109 |
| A.1  | Função de Benefício Social mensal – Janeiro (Hora 19 e 20) . . . . .             | 122 |
| A.2  | Função de Benefício Social mensal – Fevereiro (Hora 19 e 20) . . . . .           | 123 |
| A.3  | Função de Benefício Social mensal – Março (Hora 19 e 20) . . . . .               | 124 |
| A.4  | Função de Benefício Social mensal – Abril (Hora 19 e 20) . . . . .               | 125 |
| A.5  | Função de Benefício Social mensal – Maio (Hora 19 e 20) . . . . .                | 126 |
| A.6  | Função de Benefício Social mensal – Junho (Hora 19 e 20) . . . . .               | 127 |
| A.7  | Função de Benefício Social mensal – Julho (Hora 19 e 20) . . . . .               | 128 |
| A.8  | Função de Benefício Social mensal – Agosto (Hora 19 e 20) . . . . .              | 129 |
| A.9  | Função de Benefício Social mensal – Setembro (Hora 19 e 20) . . . . .            | 130 |

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| A.10 Função de Benefício Social mensal – Outubro, hora 19, Cenário Original (€) . . | 131 |
| A.11 Função de Benefício Social mensal – Outubro, hora 20, Cenário Original (€) . . | 132 |
| A.12 Função de Benefício Social mensal – Outubro, hora 19, Cenário Simulado (€) . . | 133 |
| A.13 Função de Benefício Social mensal – Outubro, hora 20, Cenário Simulado (€) . . | 134 |
| A.14 Função de Benefício Social mensal – Novembro, hora 19, Cenário Original (€) .  | 135 |
| A.15 Função de Benefício Social mensal – Novembro, hora 20, Cenário Original (€) .  | 136 |
| A.16 Função de Benefício Social mensal – Novembro, hora 19, Cenário Simulado (€)    | 137 |
| A.17 Função de Benefício Social mensal – Novembro, hora 20, Cenário Simulado (€)    | 138 |
| A.18 Função de Benefício Social mensal – Dezembro, hora 19, Cenário Original (€) .  | 139 |
| A.19 Função de Benefício Social mensal – Dezembro, hora 20, Cenário Original (€) .  | 140 |
| A.20 Função de Benefício Social mensal – Dezembro, hora 19, Cenário Simulado (€)    | 141 |
| A.21 Função de Benefício Social mensal – Dezembro, hora 20, Cenário Simulado (€)    | 142 |

# Lista de Acrónimos

|       |                                                         |
|-------|---------------------------------------------------------|
| MIBEL | Mercado Ibérico de Eletricidade                         |
| OMIE  | Operador do Mercado Ibérico de Energia - Pólo Espanhol  |
| OMIP  | Operador do Mercado Ibérico de Energia - Pólo Português |
| SDAC  | Single Day-Ahead Coupling                               |
| XBID  | Cross-Border Intraday Market                            |
| TSO   | Operador do Sistema de Transmissão                      |
| DSO   | Operador do Sistema de Distribuição                     |
| BESS  | Battery Energy Storage System                           |
| CfD   | Contract for Difference                                 |
| ERSE  | Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos            |
| FBS   | Função de Benefício Social                              |
| FIRMe | Flexibilidade Integrada em Regime de Mercado            |
| MTU15 | Market Time Unit — 15 minutes                           |
| P2G   | Power-to-Gas                                            |
| PPA   | Power Purchase Agreement                                |
| REE   | Red Eléctrica de España                                 |
| REN   | Redes Energéticas Nacionais                             |
| SDG   | Sustainable Development Goal                            |
| VPP   | Virtual Power Plant                                     |



# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Aspetos Gerais

A transição energética para economias neutras em carbono transformou fundamentalmente os mercados europeus de eletricidade, impulsionando a descentralização dos sistemas de geração e a integração de fontes renováveis variáveis. O Mercado Ibérico de Eletricidade (MIBEL), partilhado por Portugal e Espanha desde 2007, exemplifica esta transformação, com as renováveis a assegurarem já uma fatia largamente maioritária da produção elétrica em ambos os países. Esta crescente dependência de recursos intermitentes como o vento e o sol criou desafios sem precedentes na dinâmica dos preços de mercado, traduzidos em maior volatilidade, episódios de preços muito baixos ou mesmo negativos e uma necessidade acrescida de mecanismos de flexibilidade que contribuem para garantir o equilíbrio entre oferta e procura em tempo quase real.

Paralelamente, a flexibilidade do lado da procura emergiu como ferramenta essencial para gerir a variabilidade renovável e manter a segurança de abastecimento. A flexibilidade energética refere-se à capacidade do sistema ajustar tanto a geração como o consumo em resposta a sinais da rede ou do mercado, funcionando como amortecedor das flutuações de produção e contribuindo para a redução de preços para os consumidores. No contexto de elevada penetração renovável, a flexibilidade manifesta-se através de deslocação temporal de cargas, redução temporária de consumo em períodos críticos e aumento de consumo para absorver excedentes de produção. A resposta da procura industrial, os sistemas inteligentes de gestão de cargas em edifícios residenciais, o carregamento inteligente de veículos elétricos e as tecnologias de armazenamento — baterias, bombagem reversível, por exemplo — representam algumas das principais fontes de flexibilidade disponíveis.

Contudo, a implementação generalizada de flexibilidade enfrenta barreiras significativas, incluindo a fragmentação regulatória entre Estados-Membros, lacunas de investimento em infraestruturas de comunicação e armazenamento, e incerteza quanto à previsibilidade e remuneração dos recursos flexíveis. A reforma do desenho do mercado de eletricidade europeu (*Electricity Market Design reform*), adotada em 2024, procura endereçar parte destes desafios através do reforço de esquemas de suporte à flexibilidade, expansão de contratos de longo prazo (PPAs, CfDs) e criação

de mercados dedicados a serviços de flexibilidade. No contexto ibérico, estudos recentes demonstram que o aumento da penetração renovável de 45% para 65% entre 2021 e 2024 reduziu os preços grossistas de eletricidade em aproximadamente 20%, graças ao efeito de ordem de mérito das tecnologias de baixo custo marginal.

Neste contexto, no âmbito da presente dissertação foi desenvolvida e aplicada uma ferramenta computacional capaz de simular transferências de consumo entre períodos do mercado diário do MIBEL, com o objetivo de quantificar o valor económico da flexibilidade da procura em condições reais de mercado em 2025. A análise incidiu sobre dados reais do OMIE, capturando as dinâmicas mais recentes do MIBEL após o termo do Mecanismo Ibérico temporário de limitação do preço do gás e o regresso ao regime de preços marginais padrão, bem como a transição para o regime de intervalos de 15 minutos (MTU15) em outubro de 2025.

## 1.2 Contextualização do problema

Num contexto de elevada penetração renovável, o desenho tradicional dos mercados grossistas, baseado em blocos horários e numa procura praticamente inelástica, revela limitações para acomodar variações rápidas de produção e consumo. A combinação de preços muito baixos em períodos de excesso de recursos primário com picos elevados aumenta a volatilidade e torna mais difícil a gestão de risco por parte de comercializadores e grandes consumidores. Ao mesmo tempo, a flexibilidade do lado da procura permanece subaproveitada, quer por barreiras regulamentares, quer por falta de modelos de negócio e de ferramentas que permitam valorizar economicamente o ajuste do consumo em função do preço.

Este desfasamento é particularmente visível no fenómeno da *duck curve* — a curva de carga líquida diária que se forma nos períodos de elevada geração solar, com um excesso de produção ao meio-dia que provoca preços muito baixos ou negativos, seguido de uma subida abrupta ao fim da tarde quando a produção solar colapsa e a procura atinge o seu pico. Em 2025, este padrão tornou-se estrutural no MIBEL, com diferenciais intradiários de preço a superarem frequentemente os 80 €/MWh entre as horas de maior irradiação solar e as horas de ponta noturna.

Neste cenário, torna-se fundamental perceber até que ponto transferências relativamente simples de consumo entre períodos temporais próximos, ou entre horas noturnas e diurnas, podem contribuir para reduzir preços marginais, suavizar a volatilidade e melhorar a Função de Benefício Social no MIBEL. É precisamente este défice — a quantificação do valor económico da flexibilidade da procura em condições reais de mercado em 2025 — que o presente trabalho procurou preencher.

## 1.3 Objetivos

Neste trabalho analisou-se, em primeiro lugar, o potencial de flexibilidade disponível no contexto do MIBEL, estudando de forma quantitativa a relação entre a ativação dessa flexibilidade e os níveis de preços grossistas em distintas condições de mercado, identificando em que situações

a resposta da procura gerou maior impacto económico. Para tal, foi desenvolvida uma ferramenta computacional em Python que replicou o mecanismo de formação de preços do mercado diário e simulou cenários de transferência de consumo entre dois e três períodos — tanto períodos adjacentes como distantes — nos dois regimes de funcionamento do mercado (horário e MTU15).

Foram ainda avaliadas as implicações económicas e sistémicas de uma maior utilização de flexibilidade, quer ao nível dos custos para os consumidores, quer ao nível da eficiência global e da operação segura do sistema elétrico ibérico, com base numa análise mensal sistemática abrangendo todos os dias de 2025.

## 1.4 Estrutura da dissertação

Este trabalho foi estruturado de forma a incluir todo o contexto necessário sobre o MIBEL e a flexibilidade, a metodologia desenvolvida e os resultados obtidos, organizando-se da seguinte forma:

- **O Capítulo 2**, descreve a evolução e o funcionamento do MIBEL, incluindo o mercado diário, o mecanismo de *market splitting*, o mercado intradiário, a transição para o regime MTU15 e a evolução histórica dos preços entre 2007 e 2025;
- **O Capítulo 3**, apresenta os aspetos gerais da flexibilidade energética, os modelos e estudos descritos na literatura, e as experiências de contratação de flexibilidade na Europa, incluindo o projeto FIRMe em Portugal e o projeto OneNet;
- **O Capítulo 4**, descreve a metodologia adotada, o fluxograma do processo de simulação, um exemplo ilustrativo de validação manual e a ferramenta computacional desenvolvida em Python, com a sua lógica de funcionamento e interface com o utilizador;
- **O Capítulo 5**, apresenta e analisa os resultados das simulações realizadas: análise de horas adjacentes (2 e 3 horas, regimes horário e MTU15), análise de horas distantes (2 e 3 horas, regimes horário e MTU15) e análise mensal sistemática para todos os meses de 2025;
- **O Capítulo 6**, apresenta as conclusões do trabalho, sintetizando os principais resultados obtidos e identificando propostas de trabalhos futuros.





## Capítulo 2

# MIBEL

O Mercado Ibérico de Eletricidade (MIBEL) foi concebido como resultado de um processo de convergência física, económica, legal e regulatória entre Portugal e Espanha, com o propósito de criar um mercado comum que aumentasse a concorrência, promovesse a eficiência e reduzisse diferenciais de preços grossistas. O arranque operacional do MIBEL ocorreu em 1 de julho de 2007, após a harmonização das condições de funcionamento dos dois sistemas elétricos ibéricos e o estabelecimento de um enquadramento institucional que prevê a supervisão por um órgão consultivo misto (Conselho de Reguladores), com representação das entidades reguladoras de ambos os países. O modelo institucional atribui ao operador do polo espanhol (OMIE) a gestão do mercado diário e intradiário e ao operador do polo português (OMIP) a gestão do mercado a prazo, refletindo a separação funcional entre negociação *spot*/curto prazo e instrumentos de cobertura de risco e contratação futura.[7][32]

### 2.1 Organização estrutural do MIBEL

A estrutura do MIBEL combina mercados organizados e contratação bilateral. Nos mercados organizados, a formação de preços assenta em mercados *spot* (diário e intradiário) operados pela OMIE e em mercados a prazo operados pela OMIP, enquanto os contratos bilaterais permitem acordos diretos entre partes, com liquidação física e/ou financeira fora do livro central de ordens. A governança do MIBEL integra ainda o acompanhamento e desenvolvimento regulatório pelo Conselho de Reguladores, cujo trabalho inclui estudos estruturantes sobre regras de mercado, evolução regulatória e mecanismos de coordenação luso-espanhola. Esta arquitetura institucional é particularmente relevante no contexto atual porque o aumento da penetração de renováveis com carácter variável reforça a necessidade de coordenação entre sinal económico (mercados) e viabilidade físico-operacional (restrições de rede e programação), o que tende a aumentar o valor de instrumentos de ajuste mais próximos do tempo real, como o mercado intradiário.[7][32]

O MIBEL representa uma integração sem precedentes entre dois sistemas elétricos nacionais. Em 2023, mais de 94,7% das horas do ano não registaram congestionamento nas interligações entre Portugal e Espanha, com diferencial de preço zero entre Portugal e Espanha. Esta elevada

integração demonstra o sucesso do projeto e a sua importância para a eficiência energética ibérica.[22]

## 2.2 Mercado diário

O mercado diário constitui a principal referência de preço grossista no MIBEL para energia elétrica com entrega no dia seguinte, sendo organizado sob a forma de leilão de preço uniforme em que os agentes submetem ofertas de compra e venda para cada período de entrega. Estas ofertas podem ser simples ou complexas (ofertas que só se realizam atingindo certas metas). No contexto desta dissertação e pela a informação disponível considerou-se que todas as ofertas eram simples, e o preço marginal resulta do encontro entre a oferta agregada e a procura agregada. A evolução recente do desenho de mercado aumentou a granularidade temporal: até ao dia 30 de setembro de 2025 os períodos de transação eram formulados de hora em hora, obtendo-se no dia anterior os preços para cada uma das 24h do dia seguinte. No entanto, a partir de 1 de outubro de 2025, o mercado diário passou a funcionar com unidade temporal de 15 minutos (MTU15), produzindo 96 períodos de mercado por dia, no âmbito da uniformização e harmonização europeia do acoplamento de mercado diário (SDAC). Na prática, esta mudança aumentou a resolução do sinal de preço e permite captar com maior fidelidade variações intrahorárias de produção e consumo, relevantes num sistema com maior peso de renováveis variáveis. Os resultados do mercado (preços por período e por zona) são disponibilizados pela OMIE, o que permite realizar análises com base em séries temporais de preços e volumes por bloco temporal.

O processo de formação de preços segue um mecanismo de leilão que decorre em três etapas fundamentais. Primeiro, os agentes do mercado (produtores, comercializadores e grandes consumidores) apresentam ofertas de venda e compra para cada período do dia seguinte. Seguidamente, o Operador de Mercado constrói curvas agregadas de oferta e de procura para cada período. Finalmente, o preço marginal é determinado pela intersecção destas curvas, conhecido como preço de fecho ou *clearing price*.

Como se pode observar na Figura 2.1, as curvas agregadas representam a essência do mercado diário. A curva de oferta apresenta-se de forma crescente, começando com as tecnologias de menor custo variável (nuclear, renovável com custo zero) e progredindo para tecnologias mais caras (gás natural, carvão). A curva de procura, tradicionalmente menos elástica, tem vindo a diversificar-se com a participação crescente de grandes consumidores e agregadores de flexibilidade. O ponto de equilíbrio entre ambas determina o preço marginal e a quantidade de energia transacionada para cada período de transação.

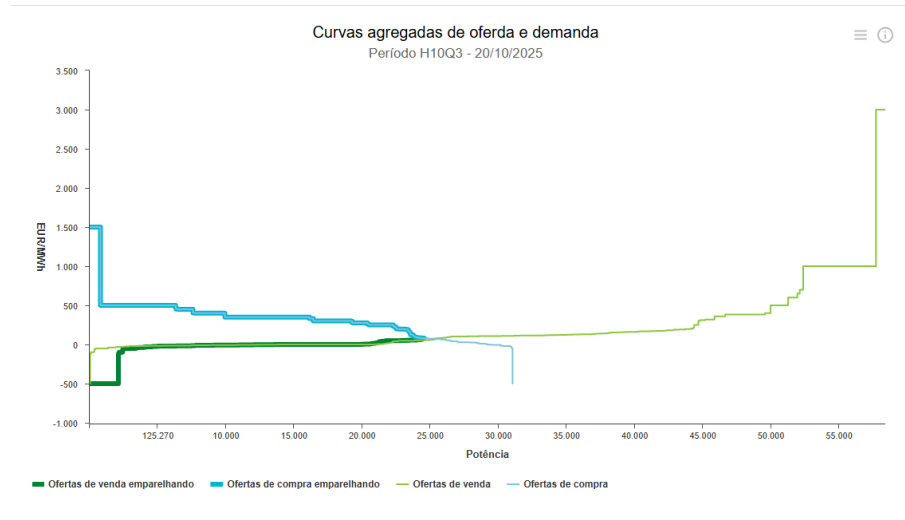


Figura 2.1: Curvas de compra e venda para o terceiro período da hora 10 do dia 20 de outubro de 2025 [41].

Desta forma, o mercado em *Pool* pode ser modelizado pelo problema de otimização descrito por (2.1) a (2.4).

$$\max Z = \sum_{i=1}^{N_d} c_{d_i}^o P_{d_i} - \sum_{j=1}^{N_g} c_{g_j}^o P_{g_j} \quad (2.1)$$

Sujeito às seguintes restrições:

$$\sum_{i=1}^{N_d} P_{d_i} = \sum_{j=1}^{N_g} P_{g_j} \quad (2.2)$$

$$0 \leq P_{d_i} \leq P_{d_i}^{of} \quad (2.3)$$

$$0 \leq P_{g_j} \leq P_{g_j}^{of} \quad (2.4)$$

Nesta formulação:

$N_d$  Número de propostas de compra (blocos de procura);

$N_g$  Número de propostas de venda (blocos de geração);

$c_{d_i}^o$  Preço máximo que a carga  $i$  está disposta a pagar por unidade de energia consumida [€/MWh];

$c_{g_j}^o$  Preço mínimo que a unidade de geração  $j$  pretende receber por unidade de energia fornecida [€/MWh];

$P_{d_i}$  Potência despachada relativa à proposta de compra  $i$  [MW];

$P_{g_j}$  Potência despachada relativa à proposta de venda  $j$  [MW];

$P_{d_i}^{of}$  Potência máxima da proposta de compra  $i$  [MW];

$P_{g_j}^{of}$  Potência máxima da proposta de venda  $j$  [MW].

A solução deste problema de optimização permite obter os valores de  $P_{d_i}$  e  $P_{g_j}$ , sendo que o *clearing price* corresponde ao preço do último gerador despachado. Este preço está igualmente associado à variável dual da restrição de balanço do problema anterior (2.2) e corresponde ao impacto na função objetivo se a procura aumentar de 1 unidade.

A incógnita  $Z$  refere-se à Função de Benefício Social, definida como a soma do excedente do consumidor e do excedente do produtor, e corresponde à área compreendida entre a curva de procura agregada e a curva de oferta agregada, até ao ponto de equilíbrio de mercado. A maximização do benefício social é, portanto, o critério de optimização central do *market clearing* do mercado diário ibérico — garantindo que, para cada hora do dia, a energia é alocada aos agentes que mais a valorizam, ao menor custo de produção possível, este processo está representado na Figura 2.2.

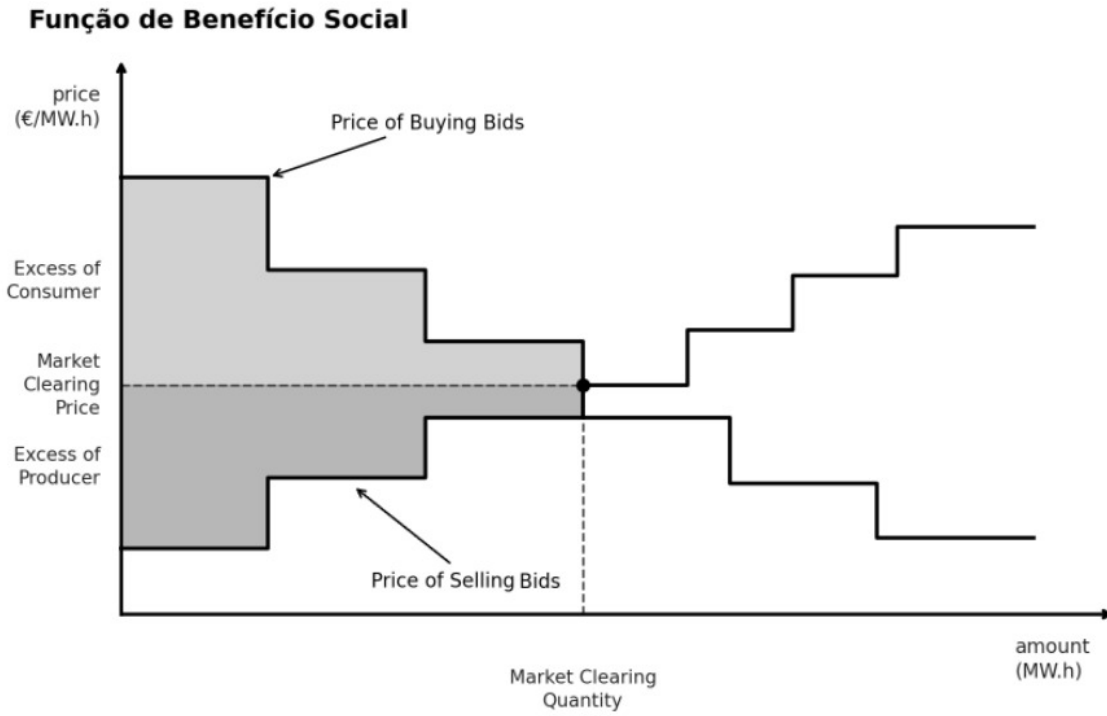


Figura 2.2: Função de Benefício Social.

## 2.3 Market Splitting

O MIBEL foi concebido para funcionar como um mercado único, sem descontinuidades entre Portugal e Espanha, permitindo a livre circulação de energia entre ambos os países. Contudo, a capacidade física de interligação entre os dois sistemas elétricos nacionais é limitada e, em

determinadas circunstâncias, o volume de energia que resultaria do encontro natural das ofertas e da procura agregadas excede a capacidade comercial disponível nas linhas de interligação. Nestas situações, a solução adotada consiste na aplicação de um mecanismo de separação de mercados, designado internacionalmente por *market splitting*.

Quando o trânsito de energia entre Portugal e Espanha resultante do mercado diário ultrapassa a capacidade disponível para fins comerciais, o mercado divide-se em duas zonas de preço distintas, cada uma correspondente a um país. Neste cenário, formam-se preços diferenciados para cada área: o preço será mais elevado na zona importadora (que tem défice de oferta relativamente à procura) e mais baixo na zona exportadora (que tem excesso de oferta).

A experiência do MIBEL desde o seu arranque em julho de 2007 mostra uma evolução positiva no sentido de maior integração de mercado. No segundo semestre de 2007, em cerca de 80% das horas foi registada separação de mercados, refletindo elevadas restrições de capacidade e diferenças estruturais das tecnologias de produção excedentes nos dois sistemas. Com o progressivo reforço da interligação e a convergência das estruturas tecnológicas de oferta, esse valor caiu drasticamente: Em 2023, o congestionamento ocorreu em 464 horas (cerca de 5,3% do ano), das quais 87% no sentido importador (Portugal a importar de Espanha).

Quando ocorre separação de mercados, geram-se rendas de congestionamento, calculadas pelo produto entre a capacidade utilizada na interligação e a diferença de preços entre as duas zonas. Estas rendas revertem, em partes iguais, para os Operadores da Rede de Transporte dos dois países (REN em Portugal e REE em Espanha) e devem ser preferencialmente aplicadas no reforço das interligações, de forma a mitigar as condições que originam o congestionamento. Em 2022, as rendas de congestionamento atingiram 9,63 milhões de euros, um valor significativamente superior aos 4,15 milhões de euros registados em 2021, explicado não apenas pelo ligeiro aumento do número de horas de congestionamento, mas sobretudo pela forte subida dos preços de mercado nesse período.

O mecanismo de *market splitting* é amplamente reconhecido a nível internacional como o que transmite de forma mais eficiente a integração de mercados quando existem restrições físicas de rede, uma vez que permite:

- Potenciar os trânsitos comerciais até ao limite da capacidade disponível, sem desperdício de capacidade de interligação;
- Fornecer sinais económicos transparentes para decisões de investimento em novas infraestruturas;
- Incentivar o investimento em geração na área importadora, que apresenta preços tendencialmente mais elevados, promovendo a convergência estrutural entre os dois sistemas.

No contexto da elevada penetração renovável e da crescente necessidade de flexibilidade, o reforço das interligações e a redução das horas de *market splitting* tornam-se ainda mais relevantes, permitindo aproveitar a complementaridade entre os perfis de produção eólica e solar de Portugal e Espanha e facilitar a integração de excedentes renováveis através do comércio transfronteiriço.[45][22]

Entretanto, desde 2024 o número anual de hora em que ocorre *market splitting* começou a aumentar refletindo a elevada disponibilidade de produção de origem solar fotovoltaica em Espanha. Por esta razão, passou a ser usual a existência de elevados volumes de importação de energia elétrica por parte de Portugal sobretudo nas horas diurnas.

## 2.4 Mercado Intradiário

O Mercado Intradiário constitui uma ferramenta fundamental de flexibilidade operacional no MIBEL, permitindo aos agentes ajustar as suas posições após o fecho do mercado diário e até próximo do tempo real. Este mercado é essencial para gerir desequilíbrios resultantes de alterações imprevistas na produção ou no consumo, otimizar portfólios energéticos e responder à variabilidade crescente das energias renováveis.

O Mercado Intradiário opera através de duas modalidades complementares, ambas geridas pela OMIE em coordenação com plataformas europeias. O Mercado Intradiário de Leilões funciona através de seis sessões sequenciais no âmbito MIBEL, realizadas em diferentes horizontes temporais: aproximadamente 21, 17, 13, 9, 5 e 1 hora antes da entrega física. O Mercado Intradiário Contínuo, por sua vez, baseia-se na plataforma europeia XBID, que é um sistema informático comum com um livro de ordens partilhado por todos os países participantes, módulo de gestão de capacidade de interligação e módulo de expedição, permitindo o *matching* contínuo de ordens entre zonas desde que exista capacidade disponível, permitindo negociação contínua até 1 hora antes da entrega.

Os mercados intradiários do MIBEL constituem alguns dos mais líquidos da União Europeia, desempenhando um papel crucial na eficiência operacional do sistema. Permitem aos agentes gerir riscos de desequilíbrio, otimizar economicamente os seus portfólios e adaptar-se a alterações imprevistas. Do ponto de vista económico-operacional, esta camada intradiária funciona como mecanismo de afinação do equilíbrio do sistema reduzindo desequilíbrios em tempo real, melhorando a alocação de recursos energéticos e facilitando a gestão da variabilidade renovável, para além de ganhar importância em contextos com maior variabilidade intradiária, complementando o mercado diário e reduzindo a necessidade de ações corretivas mais dispendiosas, por exemplo decorrente da ativação de serviços de reserva.

A coordenação entre o mercado diário, leilões intradiários, mercado contínuo e o mecanismo de separação de mercados proporciona ao MIBEL uma arquitetura robusta e flexível, capaz de responder eficientemente aos desafios de um sistema elétrico moderno com elevada penetração renovável e crescente participação de recursos distribuídos.

## 2.5 Evolução dos preços no Mercado Diário do MIBEL

O Mercado Ibérico de Eletricidade (MIBEL) foi inaugurado a 1 de julho de 2007, com o objetivo de integrar e harmonizar os sistemas elétricos de Portugal e Espanha num mercado grossista

comum. Desde então, o mercado diário — operado pelo OMIE — tornou-se o principal mecanismo de formação de preços da eletricidade na Península Ibérica, refletindo, ao longo dos anos, tanto as condições estruturais da oferta e procura como perturbações externas de natureza macroeconómica e geopolítica. A Figura 2.3 apresenta a evolução dos preços médios, mínimos e máximos em Portugal e Espanha de 2007 a 2025. [7][6]

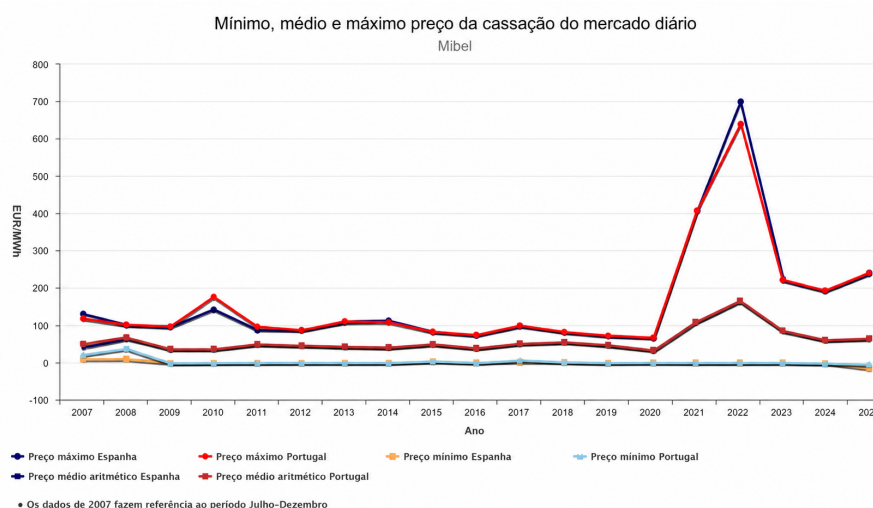


Figura 2.3: Evolução dos preços médios diários do MIBEL entre 2007 e 2025. [44]

### Fase de Consolidação (2007 a 2020)

No período inicial de funcionamento do MIBEL, os preços médios aritméticos situaram-se tipicamente entre os 40 e os 75 €/MWh, com valores máximos diários a atingir os 150 e 180 €/MWh, nomeadamente em 2008 e 2010, anos marcados por tensões nos mercados de combustíveis fósseis e por condições hidrológicas desfavoráveis. Após a crise financeira de 2008 e 2009, os preços registaram uma ligeira compressão, estabilizando-se entre os 50 e 60 €/MWh ao longo da maior parte da década de 2010. Este período foi caracterizado por uma volatilidade moderada, com os preços mínimos a aproximarem-se ou atingirem valores negativos em anos de forte penetração de energias renováveis, nomeadamente em 2016, refletindo os cada vez mais frequentes excedentes de geração eólica e fotovoltaica. No ano de 2020 ocorreu um mínimo histórico, com o preço médio grossista de cerca de 34 €/MWh, atribuível à redução abrupta da procura provocada pela pandemia do COVID-19.[37][38][42]

### A Crise Energética de 2021 e 2022

A partir de meados de 2021, os preços sofreram uma escalada sem precedentes na história do MIBEL. O preço médio mensal ultrapassou os 100 €/MWh em agosto de 2021, e a partir desse momento não voltou abaixo desse patamar. A conjuntura foi agravada pelo conflito russo-ucraniano, que perturbou profundamente os mercados europeus de gás natural, principal combus-

tível marginal na formação de preços *day-ahead*. Em janeiro de 2022, o MIBEL registou um preço médio mensal de 201,89 €/MWh — o mais alto de sempre nesse mês —, com os preços máximos diários a ultrapassar os 700 €/MWh em 2022, como é visível na Figura 2.3. Para mitigar este impacto, Portugal e Espanha implementaram, a partir de 15 de junho de 2022, o designado Mecanismo Ibérico (*Iberian Exception*), que fixou um teto ao preço do gás natural utilizado na produção de eletricidade em 40 €/MWh, traduzindo-se numa poupança média diária de cerca de 38 €/MWh face ao cenário sem intervenção.[5][44][28]

### **Normalização e Novo Equilíbrio (2023 a 2025)**

Após o pico de 2022, os preços regressaram gradualmente a valores mais moderados, ainda que superiores aos da era pré-crise. Em 2024, o MIBEL encerrou com um preço médio grossista de cerca de 63 €/MWh, representando uma queda de 28% face a 2023, mas mantendo-se acima dos valores históricos da década de 2010. Ainda assim, episódios de picos pontuais persistiram: em janeiro de 2025, o preço horário chegou a atingir 225 €/MWh, o nível mais elevado desde a crise de 2022, associado a condições de baixa produção renovável e elevada procura. A trajetória descendente dos preços médios a partir de 2023, evidente na Figura 2.3, reflete a normalização dos mercados de gás natural, o aumento da capacidade instalada de fontes renováveis e a moderação da procura, embora a volatilidade intradiária e os preços mínimos negativos continuem a crescer à medida que a penetração das renováveis aumenta.[43][49]

### **Convergência entre Portugal e Espanha**

Ao longo de todo o período analisado, os preços de Portugal e Espanha apresentam uma elevada correlação e uma quase total convergência, resultado do acoplamento de mercados implementado pelo MIBEL. As raras divergências de preço (*market splitting*) ocorreram em situações de congestionamento na interligação ibérica, sendo marginais quando comparadas com os movimentos agregados do mercado. Este comportamento conjunto confirma o adequado funcionamento do mecanismo de *market coupling* e a integração efetiva dos dois sistemas elétricos nacionais no mercado grossista ibérico. No entanto, desde 2024 tem-se verificado um incremento do número anual de horas em que foi ativado o mecanismo de *market splitting*. Após este indicador ter atingido 3 a 5% em 2020 a 2023, elevou-se para mais de 10% em 2025, fruto da elevada disponibilidade de geração solar fotovoltaica em Espanha e á limitação da capacidade de importação de Portugal determinada pela REN após o *blackout* de 28 de abril de 2025. Diversos estudos indicam que estes períodos de *market splitting* se concentraram em maio, junho e julho de 2025. [7][6] [23]



## Capítulo 3

# Flexibilidade

### 3.1 Aspetos Gerais da Flexibilidade

A flexibilidade do consumo no sistema elétrico refere-se à capacidade dos consumidores ajustarem os seus padrões de consumo de eletricidade em resposta a variações na oferta, sinais de preço ou necessidades operacionais da rede. Esta capacidade emergiu como uma ferramenta essencial para manter o equilíbrio e eficiência do sistema elétrico, particularmente no contexto da crescente penetração de energias renováveis variáveis.

A flexibilidade energética pode ser definida como ”a capacidade do sistema energético de gerir a variabilidade e incerteza da procura e oferta de energia de forma eficiente em termos de custos, tanto em escalas temporais curtas como longas”. No contexto específico do lado da procura, esta flexibilidade manifesta-se através de três mecanismos principais:

- Deslocação de consumos, em que o consumo é transferido de períodos de elevada procura para períodos de baixa procura.
- Redução de consumos, que implica a diminuição temporária do consumo durante períodos críticos.
- Aumento de consumos, que permite absorver excedentes de produção, por exemplo de recursos renováveis solares fotovoltaicos em alguns períodos do dia, através do aumento de consumo.

A transição energética criou desafios significativos para a operação do sistema elétrico. A produção de energia eólica e solar depende intrinsecamente das condições meteorológicas, criando períodos de excesso de recursos primários quando há muito vento ou sol e períodos de escassez quando estas condições são desfavoráveis. Simultaneamente, o sistema tem vindo a tornar-se progressivamente mais descentralizado, com a proliferação de recursos energéticos distribuídos que necessitam de coordenação eficaz. A estes desafios acresce a crescente eletrificação de setores tradicionalmente não elétricos, como transportes e aquecimento, aumentando a pressão sobre a rede.

A flexibilidade da procura visa responder a estes desafios através de múltiplos objetivos estratégicos tal como se indica em seguida:

- Primeiro, permite manter o equilíbrio instantâneo entre oferta e procura, fundamental para a estabilidade do sistema.
- Segundo, contribui para a eficiência económica ao permitir que o consumo seja deslocado para períodos de preços mais baixos, reduzindo os custos totais do sistema.
- Terceiro, facilita a integração de energias renováveis variáveis, proporcionando capacidade de absorção de excedentes e compensação de períodos de baixa produção.
- Finalmente, reforça a segurança de abastecimento ao proporcionar reservas distribuídas que podem ser ativadas quando necessário.

O aumento da penetração renovável no MIBEL tem gerado períodos crescentes de sobre oferta, particularmente durante períodos de forte produção eólica ou solar combinados com baixa procura. Estas situações manifestam-se através de preços negativos no mercado, de tal modo que os produtores admitem pagar para injetar energia na rede, redução forçada da produção renovável por limitações técnicas da rede, e volatilidade extrema de preços entre períodos de abundância e escassez.

A flexibilidade da procura oferece soluções eficazes para esta problemática através de três mecanismos principais. A deslocação temporal permite mover consumo para períodos de preços baixos e excesso de oferta, aproveitando a abundância de energia renovável. Durante períodos de forte produção renovável, tipicamente ao meio-dia quando a produção solar atinge o pico, sistemas de gestão de energia podem automaticamente ativar cargas flexíveis como sistemas de bombagem de água, processos industriais com flexibilidade temporal, carregamento de veículos elétricos ou aquecimento de água em sistemas com inércia térmica.

O armazenamento de energia, embora não corresponda estritamente flexibilidade de consumo, complementa estas estratégias através da absorção de excedentes durante períodos de sobreoferta e injeção de energia durante picos de procura. Sistemas de armazenamento por bateria (BESS) são particularmente eficazes devido aos seus tempos de resposta rápidos e capacidade de fornecer serviços auxiliares como regulação de frequência e tensão.

A implementação de flexibilidade da procura gera benefícios múltiplos para o sistema elétrico. Reduz custos operacionais ao diminuir a necessidade de acionamento de centrais de ponta dispendiosas, adia investimentos em novas infraestruturas através da otimização das existentes, aumenta a capacidade de integração de energias renováveis, melhora a qualidade de serviço através da redução de interrupções e reduz emissões ao substituir geração fóssil por renováveis combinadas com flexibilidade.

Para os consumidores individuais, a flexibilidade permite redução de custos através da gestão temporal do consumo, geração de receitas adicionais pelo fornecimento de serviços de flexibilidade, maior controlo sobre o seu perfil energético e contribuição para um sistema mais sustentável.

Contudo, a implementação generalizada de mecanismos de flexibilidade enfrenta desafios significativos. A coordenação de milhares de recursos distribuídos requer infraestruturas de comunicação robustas e sistemas de gestão sofisticados. A previsibilidade da flexibilidade disponível permanece incerta, dificultando o planeamento operacional. Os quadros regulatórios foram desenvolvidos para sistemas centralizados e necessitam de adaptação. Os mecanismos de remuneração da flexibilidade ainda estão em desenvolvimento, e a aceitação e compreensão dos consumidores sobre os benefícios e funcionamento destes sistemas permanecem limitadas.

No contexto específico do MIBEL, a flexibilidade da procura assume particular relevância. A Península Ibérica possui uma elevada penetração de fontes utilizando recursos primários renováveis (tais como a eólica, a solar, e a hídrica) e objetivos ambiciosos de descarbonização, criando necessidades significativas de flexibilidade. A complementaridade entre diferentes padrões de produção eólica e solar entre regiões oferece oportunidades de otimização. Contudo, a capacidade de interconexão com o resto da Europa ainda é insuficiente face aos recursos disponíveis, aumentando a importância da flexibilidade interna. Diferentes culturas e padrões de consumo entre Portugal e Espanha podem ser aproveitados para criar sinergias através de flexibilidade coordenada.

A flexibilidade da procura representa, assim, uma componente essencial da transição energética, proporcionando um mecanismo adicional para gerir um sistema elétrico progressivamente mais complexo, variável e distribuído, mantendo simultaneamente a segurança, eficiência e sustentabilidade do abastecimento energético.[2]

## 3.2 Estudos e modelos da Flexibilidade descritos na literatura

### 3.2.1 Preços no mercado

A publicação [55] analisa como a resposta da procura pode criar valor económico em mercados grossistas como o MIBEL, comparando-o com a bolsa alemã EEX. No contexto ibérico, os autores mostram que a elevada penetração renovável e a volatilidade de preços criam janelas em que a flexibilidade do consumo (reduzindo ou deslocando carga) gera ganhos significativos de bem-estar e pode reduzir o custo marginal do sistema. O estudo conclui que, se houver mecanismos de mercado adequados, a flexibilidade no MIBEL consegue simultaneamente apoiar o despacho económico (evitar centrais caras em horas de pico) e melhorar a eficiência global do mercado, aproximando-o de um cenário de maior integração de renováveis.

### 3.2.2 Mercados Locais de Flexibilidade para DSO

Na publicação [29] é proposto um modelo de mercado local de flexibilidade em que os DSOs podem contratar recursos flexíveis para resolver problemas locais de congestionamento das redes, evitando reforços tradicionais de rede. Este modelo utiliza um mecanismo de leilão descentralizado onde agregadores e *prosumers* submetem ofertas de flexibilidade, e o DSO seleciona as ofertas economicamente mais eficientes que resolvem as restrições técnicas da rede. Os autores

demonstram, através de simulações, que este desenho de mercado pode reduzir custos operacionais em até 30% comparativamente a soluções convencionais de expansão de rede, ao mesmo tempo que proporciona novos fluxos de receita para detentores de recursos flexíveis.

### 3.2.3 Coordenação TSO–DSO para Aquisição de Flexibilidade

No estudo desenvolvido por [50] apresenta-se um modelo de coordenação entre o TSO, o DSO e consumidores para a aquisição conjunta de serviços de flexibilidade. Este trabalho propõe três arquiteturas alternativas de mercado — mercado comum, mercado sequencial TSO→DSO, e mercado em paralelo com arbitragem — e compara o desempenho de cada uma em termos de eficiência económica, tempo de computação e equidade na alocação de recursos. Os resultados indicam que o modelo de mercado comum maximiza o bem-estar social total mas exige elevada coordenação institucional, enquanto o modelo sequencial é mais simples de implementar mas pode gerar ineficiências quando os mesmos recursos flexíveis são necessários simultaneamente para fins locais e sistémicos.

### 3.2.4 Mercados Locais de Flexibilidade para Comunidades de Energia

Nesta publicação [31] os autores analisam o desenho de mercados locais de flexibilidade especificamente adaptados a comunidades de energia, onde consumidores, *prosumers* e recursos de armazenamento partilham localmente energia e serviços de flexibilidade. O modelo proposto integra mecanismos *peer-to-peer* (P2P) com clearing centralizado pelo DSO, permitindo que a comunidade maximize internamente a auto-suficiência enquanto oferece flexibilidade agregada à rede externa. Simulações com dados reais de uma comunidade piloto na Europa mostram que esta abordagem híbrida pode reduzir custos de energia da comunidade em 15–20% e simultaneamente fornecer serviços valiosos de gestão de congestionamento da rede ao DSO.

### 3.2.5 Avaliação de Mercados de Flexibilidade para Coordenação entre Comercializadores, DSO e TSO

Nesta publicação [48] avaliam-se diferentes configurações de mercados de flexibilidade para coordenar comercializadores (*retailers*), DSO e TSO, focando-se na valorização económica de recursos distribuídos de energia. Esta publicação compara três desenhos de mercado:

- Um leilão de flexibilidade liderado pelo DSO;
- Uma plataforma comum TSO-DSO;
- Um mercado de balanceamento alargado a recursos de distribuição.

Através de análise quantitativa com dados do sistema irlandês, os autores concluem que a plataforma comum maximiza o valor extraído da flexibilidade mas requer alterações regulatórias significativas, enquanto o leilão liderado pelo DSO pode ser implementado de forma incremental, aproveitando estruturas de mercado existentes.

### 3.2.6 Caracterização da Flexibilidade em Mercados e Sistemas de Energia

Por último neste subcapítulo a publicação [59] apresenta uma *framework* abrangente para caracterizar e quantificar a flexibilidade em mercados de eletricidade, propondo métricas padronizadas que permitem comparar diferentes recursos flexíveis (armazenamento, geração flexível) e mercados (grossista, balanceamento, local). Este trabalho estabelece uma taxonomia de produtos de flexibilidade baseada em dimensões-chave como tempo de resposta, duração, direção (*upward/downward*) e modo de ativação, e discute como diferentes desenhos de mercado incentivam ou penalizam cada tipo de flexibilidade. Esta *framework* conceptual tem sido amplamente adoptada em projectos europeus de investigação e por operadores de mercado para padronizar produtos de flexibilidade.

## 3.3 Mercados e Experiências de Contratação de Flexibilidade

### 3.3.1 Mercados Locais de Flexibilidade na Europa

A experiência europeia em mercados locais de flexibilidade oferece um conjunto diversificado de modelos institucionais, produtos de mercado e mecanismos de coordenação entre operadores de rede e prestadores de serviços. O relatório do *Joint Research Centre* (JRC) da Comissão Europeia, [3], documenta estes desenvolvimentos em diversos Estados-Membros, evidenciando tanto convergências em princípios fundamentais como variações significativas no desenho e implementação.

#### Suécia: STHLM Flex

Na Suécia, o projeto *STHLM Flex* foi implementado na região metropolitana de Estocolmo pelos operadores de distribuição *Ellevio*, *Vattenfall Eldistribution* e *E.ON Energidistribution*, em coordenação com o Operador de Transporte *Svenska Kraftnät*, com o objetivo de gerir congestionamentos locais em zonas urbanas onde o reforço de rede é particularmente oneroso devido a limitações físicas e custos elevados de construção. Através da plataforma NODES, agregadores, grandes consumidores comerciais e industriais, operadores de armazenamento e produtores oferecem capacidade de ajustamento de carga e geração utilizando produtos diferenciados:

- *ShortFlex Hourly* para ajustes de curto prazo negociados em base *day-ahead* e *intraday*;
- *ShortFlex Availability* com pagamento por disponibilidade durante horas estimadas de congestão (tipicamente 160 horas por época de aquecimento);
- *LongFlex*, contratos sazonais que combinam remuneração por capacidade disponível e energia ativada, proporcionando previsibilidade de receitas aos prestadores.[1][34][56]

O mercado opera sazonalmente durante o período de pico de inverno (1 de Novembro a 31 de Março), quando as restrições de rede são mais críticas, através de leilões semanais e contratos

plurianuais, exigindo pré-qualificação técnica dos recursos participantes. Entre 2018 e 2021, o *STHLM Flex* contratou mais de 50 MW de flexibilidade, permitindo adiar investimentos em reforço de rede estimados em €15 milhões, demonstrando a viabilidade técnica e económica do modelo. A experiência revelou, contudo, desafios significativos relacionados com a mobilização de pequenos *prosumers* devido à complexidade dos processos de participação, a necessidade de automatização da activação e verificação de *baseline*, e a ausência de mecanismos integrados de rebalanceamento que obriguem os prestadores a gerir desvios no mercado grossista separadamente, aumentando custos de transacção.[1][34][56][3][24]

### Reino Unido: Piclo Flex e Ecossistema de Mercados DSO

O Reino Unido desenvolveu o ecossistema de mercados locais de flexibilidade mais maduro e diversificado da Europa, resultado de enquadramento regulatório progressivo estabelecido pelo regulador *Ofgem* através dos mecanismos RIIIO (*Revenue = Incentives + Innovation + Outputs*), que incentivam os seis DSOs — *UK Power Networks*, *Scottish and Southern Electricity Networks*, *Western Power Distribution*, *Northern Powergrid*, *Electricity North West* e *SP Energy Networks* — a priorizar soluções flexíveis em detrimento de reforços tradicionais de rede. Os DSOs britânicos adoptaram produtos padronizados definidos pela *Energy Networks Association* (cinco categorias principais: *Sustain*, *Dynamic*, *Secure*, *Restore*, e *Manage My Constraint*) e utilizam principalmente a plataforma independente *Piclo Flex* para procurement através de leilões competitivos de longo prazo (contratos de 1-5 anos) e mercados de curto prazo (*week-ahead*, *day-ahead*).[3][51][16][46]

O ecossistema britânico mobiliza a maior diversidade de recursos flexíveis na Europa: armazenamento de baterias (dominante, representando aproximadamente 80% dos contratos), agregadores de veículos eléctricos, geradores térmicos de *backup*, resposta da procura industrial e comercial, e, crescentemente, agregação residencial, totalizando em Fevereiro de 2021 mais de 22.000 activos registados na plataforma *Piclo* com capacidade total de 11,1 GW. Os contratos combinam tipicamente três componentes de remuneração:

- *Availability fee* (£/MW/mês) paga mensalmente independentemente de ativação.
- *Utilisation* (£/MWh) paga por energia efetivamente entregue quando ativado.
- Penalizações por não-disponibilidade ou *non-delivery* proporcionais à energia não fornecida, proporcionando segurança financeira aos investidores enquanto mantêm incentivos para *performance*. [51][16][24]

Em 2024, os DSOs britânicos contratualizaram mais de 9 GW de capacidade flexível, entregando 22 GWh de energia ajustada — suficiente para alimentar aproximadamente 7 000 habitações durante um ano completo — e gerando poupanças estimadas superiores a £300 milhões em investimentos de rede evitados, com projecções de mais de £3 mil milhões em poupanças acumuladas nos próximos três anos. A *UK Power Networks*, maior DSO britânico, operou sozinha

mais de 150 “*flexibility competitions*” no seu mercado *day-ahead* desde Abril de 2024, entregando 4,4 GWh através de mais de 40 zonas de flexibilidade abertas e utilizando modelos avançados de previsão baseados em *machine learning* para prever necessidades de rede com elevada precisão. A plataforma *Piclo Max*, lançada em 2024, permite que um único activo seja registado uma vez e aceda simultaneamente a múltiplos mercados (DSO, TSO nacional, grossista), maximizando *value stacking* e reduzindo barreiras de entrada para pequenos prestadores. O ecossistema britânico estabeleceu-se como *benchmark* global, demonstrando que mercados competitivos bem desenhados podem atrair investimento privado significativo em recursos flexíveis e gerar poupanças substanciais para consumidores finais.[46][58][17][47]

#### **Noruega: NorFlex e EuroFlex**

Na Noruega, o projeto *NorFlex*, implementado inicialmente pelos DSOs *Agder Energi* e *Glitre Energi* em coordenação com o Operador de Transporte *Statnett* e a plataforma *NODES*, desenvolveu um modelo inovador de mercado contínuo de flexibilidade com forte coordenação TSO-DSO, permitindo activação de recursos com apenas 15 minutos de antecedência mínima. O elemento distintivo do modelo norueguês consiste na co-optimização de recursos flexíveis para uso simultâneo em situações de congestionamento local (DSO) e serviços de sistema (TSO *manual Frequency Restoration Reserve* — mFRR), através de partilha de informação em tempo real e verificação automatizada de compatibilidade: quando um recurso flexível é ativado localmente pelo DSO, o sistema verifica automaticamente se existe simultaneamente necessidade do TSO para serviços de reserva, permitindo que o mesmo MW seja valorizado em ambos os mercados quando não há conflito técnico, maximizando *value stacking* sem dupla contagem física.[3][33][36][53]

O projeto evoluiu para a iniciativa *EuroFlex*, lançada em Outubro de 2024, expandindo o conceito a sete dos maiores DSOs noruegueses (cobrindo mais de 1,2 milhões de clientes só nas áreas de *Elvia* e *Glitre Nett*) e ao regulador NVE-RME, mobilizando principalmente consumidores industriais, grandes consumidores comerciais e, crescentemente, agregação de aquecimento residencial (bombas de calor, aquecedores de água inteligentes) e carregamento de veículos eléctricos — a Noruega possui a maior taxa de penetração de EVs da Europa (>90% de vendas de veículos novos). Os pilotos demonstraram a viabilidade técnica de mercados contínuos e coordenação TSO-DSO, mas também identificaram desafios operacionais significativos relacionados com cálculo de *baseline* em larga escala, automatização de activação e verificação (a activação manual mostrou-se excessivamente intensiva em trabalho), e atração de *Flexibility Service Providers* em zonas rurais de baixa densidade, questões que o programa *EuroFlex* procura resolver através de digitalização avançada e integração com 25 fornecedores de tecnologia e comercializadores registados como FSPs.[35][18][54][53]

#### **Holanda: GOPACS**

A Holanda desenvolveu a abordagem mais centralizada e coordenada de mercado de flexibilidade na Europa através da plataforma GOPACS (*Grid Operators Platform for Congestion Solutions*), resultado de colaboração única entre todos os DSOs holandeses e o Operador de Transporte *TenneT*, criada para responder à pressão extrema na rede eléctrica provocada pelo crescimento explosivo de energias renováveis (especialmente solar distribuída), expansão de *datacenters* e indústria electro-intensiva, electrificação de transportes e aquecimento, e limitações físicas severas para expansão de rede num país densamente povoado. GOPACS funciona não como plataforma de negociação autónoma, mas como plataforma de coordenação que se integra com *Nominated Electricity Market Operators* (NEMOs) existentes — EPEX SPOT, ETPA e, desde 2024, *Nord Pool* — permitindo que participantes de mercado submetam ofertas de flexibilidade através das interfaces familiares destes NEMOs (por exemplo, sistema M7 de *trading* contínuo da EPEX), que são automaticamente disponibilizadas a todos os operadores de rede através de GOPACS.[3][30][27][26][20]

Esta arquitectura institucional única reduz drasticamente barreiras de entrada: os prestadores de flexibilidade (*Congestion Service Providers* — CSPs) registam-se uma única vez e podem ser chamados por qualquer operador que necessite de flexibilidade na zona relevante, evitando fragmentação de liquidez entre mercados locais separados e resolvendo elegantemente o problema de “dupla contagem” de flexibilidade através de coordenação centralizada que garante que cada MW físico é atribuído apenas uma vez. Até meados de 2024, o GOPACS registava 85 CSPs, mais de 17 000 activos flexíveis, e 810 MW de capacidade flexível, operando através de produtos de ajuste de energia em base *intraday* (dia D) e *day-ahead* (D-1) via leilões de *gate-closure* e negociação contínua. Os operadores de rede prevêm congestionamentos e publicam notificações IDCONS (*Intraday Congestion*) indicando zonas, magnitude e janelas temporais; os CSPs respondem submetendo ofertas de redução ou aumento de consumo/geração, que são liquidadas como transacções bilaterais entre cada participante e o operador quando resolvem congestões.[3][26][25][20]

O modelo holandês permite aos operadores de rede aceder a um conjunto mais alargado e mais líquido de flexibilidade, resolvendo congestionamentos de forma eficiente e fiável enquanto participantes de mercado obtêm novos fluxos de receita, evitando investimentos dispendiosos em expansão de rede e prevenindo aumentos de tarifas para consumidores finais. A abordagem coordenada e a estratégia do *TenneT*, que canalizará todos os volumes holandeses de redespacho através do GOPACS e implementará a activação cruzada entre *exchanges* conectadas, está a aumentar ainda mais a liquidez e a eficiência do mercado, tornando o modelo holandês amplamente reconhecido como exemplo de colaboração institucional eficaz e inspirando desenvolvimentos semelhantes noutros países.[3][20][25][27]

### **Alemanha: ENERA**

Na Alemanha, o projeto piloto ENERA, desenvolvido entre 2017 e 2021 na região da Baixa Saxónia (noroeste da Alemanha), testou um mercado regional de flexibilidade especificamente focado na integração de elevados níveis de geração eólica e no acoplamento setorial (*sector cou-*



pling), respondendo ao desafio crítico de assimetria geográfica entre zonas de produção renovável (norte) e centros de consumo (sul) que provoca congestionamentos frequentes na rede de transporte, resultando em cortes massivos de produção eólica para evitar sobrecargas nas redes. O consórcio ENERA, liderado pela *utility* EWE AG e reunindo mais de 30 parceiros (incluindo os DSOs *Avacon Netz* e *EWE Netz*, o TSO *TenneT*, a bolsa de energia *EPEX SPOT*, e diversos fornecedores de tecnologia), desenvolveu conjuntamente uma plataforma local de mercado em que operadores de sistema podiam comprar flexibilidade de múltiplas tecnologias: produtores eólicos que reduzem geração durante congestionamentos (*downward flexibility*), sistemas de armazenamento em bateria, agregadores de unidades de produção virtuais (VPPs), cargas industriais flexíveis, e, destacadamente, unidades *Power-to-Gas* que convertem excesso de electricidade renovável em hidrogénio ou metano sintético, exemplificando sector coupling.[3][19][15]

A primeira transacção do mercado, completada em 4 de Fevereiro de 2019 entre a EWE Netz e a Audi (unidade P2G), activou uma instalação *Power-to-Gas* para consumir excesso de electricidade, resolvendo um congestionamento local e simultaneamente produzindo combustível sintético — verdadeiro exemplo de acoplamento setorial entre o sistema eléctrico e o setor dos transportes. O mercado utilizou precificação localizada ao nível de subestação, enviando um sinal económico claro sobre o valor da flexibilidade em cada nó da rede, e permitiu que operadores publicassem necessidades especificando localização, volume, janela temporal e sentido (*upward/downward*), com prestadores a submeterem ofertas competitivas seleccionadas com base económica sujeita a restrições técnicas.[19][15]

Entre 2017 e 2021, a ENERA demonstrou que mercados regionais de flexibilidade podem reduzir o corte de renováveis em até 40% em zonas críticas, ao mesmo tempo que diminuem custos totais de redespacho do sistema, provando que um mercado de flexibilidade gera valor real para toda a cadeia de electricidade: produtores renováveis maximizam utilização de activos, operadores de rede gerem congestões de forma económica, e consumidores beneficiam de custos sistémicos menores. A experiência ENERA permitiu obter informações relevantes para a reforma do regime de redespacho alemão (*Redispatch 2.0*), implementado a nível nacional a partir de 2021, que estende a participação no redespacho a recursos de distribuição (a partir de 100 kW) e estabelece princípios de neutralidade tecnológica e despacho baseado em mercado, expandindo os conceitos testados no piloto à escala nacional.[3][19][15]

### **França: ENEDIS Flexibility**

Em França, a ENEDIS, operador do sistema de distribuição responsável por 95% da rede francesa e servindo 38,8 milhões de clientes, implementou desde 2018 um programa nacional estruturado de leilões de flexibilidade com características distintivas: processo co-construído com *stakeholders* através de *Call for Input* com síntese pública de contribuições, contratos plurianuais de longo prazo (3-5 anos) que proporcionam segurança financeira aos investidores em recursos flexíveis facilitando financiamento de projectos, e expansão progressiva baseada em aprendizagem iterativa e ajustamentos de desenho de mercado em resposta a feedback de participantes.

O modelo francês segue uma sequência estruturada de ações:

- *Call for Tenders* anual onde ENEDIS publica zonas específicas da rede (subestações) com necessidades de flexibilidade previstas, especificando produtos, volumes, janelas de ativação e duração de contrato;
- Seguida de uma avaliação competitiva selecionando vencedores primariamente baseada em preço mas também considerando viabilidade técnica e *track record*;
- Finalmente criação de contratos que combinam pagamento por energia ativada (€/MWh, componente principal) e, quando aplicável, pagamento por disponibilidade, com penalizações proporcionais a energia não entregue quando ativado.[3][13][57]

Os produtos de flexibilidade são definidos por zona, tipicamente focados em redução de carga (*downward flexibility*) durante períodos de pico, trabalhos de manutenção programados ou gestão de incidentes, especificando potência mínima (MW), energia esperada por ano (MWh/ano), *lead time* de informação (desde tempo real até horas/dias de antecedência), e janelas de activação (por exemplo, 18h-22h em dias úteis).

Os primeiros leilões de 2020 (cinco zonas) não receberam ofertas válidas, revelando desafios de maturidade do mercado e complexidade inicial dos produtos. Em seguida, a ENEDIS ajustou progressivamente o desenho do mercado, simplificando requisitos e melhorando a comunicação com potenciais prestadores. Em 2023, os leilões começaram a atrair participantes com adjudicação de 4,5 MW, mas em 2024 o programa registou expansão dramática: 51 serviços de flexibilidade local adjudicados em 30 departamentos franceses, totalizando 46 MW de capacidade flexível — aumento de dez vezes face a 2023 — com três prestadores vencedores: *NW - Smart Grid Energy* (41 MW, 41 ofertas vencedoras), *Voltalis* (2,5 MW, 5 ofertas), e *Oaktree Power* (2,5 MW, 5 ofertas), representando aproximadamente o consumo de 46 000 residências, com serviços operacionais até 1 de Junho de 2025.[13][14][60][21]

O modelo francês diferencia-se por existir uma abordagem nacional coordenada por um único DSO dominante (evitando fragmentação institucional), ênfase em contratos de longo prazo que reduzem o risco de investimento e facilitam participação de agregadores e novos entrantes, processo transparente e co-construído que aumenta confiança dos participantes através de diálogo estruturado com *stakeholders*, e expansão progressiva *scaling-up* gradualmente à medida que o mercado amadurece e barreiras são identificadas e resolvidas. A ENEDIS está também a desenvolver o projeto REFLEX (2021-2024), um projeto piloto de quatro anos que testa a optimização avançada de flexibilidade em subestações primárias de distribuição para maximizar capacidade de ligação de recursos distribuídos sem a necessidade de realizar reforços de rede, com objectivo de industrialização até 2024.[3][14][57][8][21]

## Síntese Comparativa dos Mercados Europeus

Estes exemplos a nível europeu evidenciam a convergência em torno de princípios comuns — mercados baseados em necessidades específicas dos DSO identificadas através de análise de rede e planeamento, remuneração por capacidade disponível e energia ativada para equilibrar segurança de investimento e incentivos à performance, pré-qualificação técnica dos recursos para garantir fiabilidade operacional, e crescente coordenação TSO-DSO para maximizar o valor de recursos flexíveis evitando conflitos de utilização — mas também diversidade significativa em termos de desenho institucional (plataformas independentes descentralizadas vs coordenação nacional única), grau de centralização (modelo de mercado competitivo vs contratação bilateral), temporalidade de contratação (contratos plurianuais de longo prazo vs mercados *spot* contínuos), e integração com mercados grossistas para permitir a acumulação de proveitos.[3][4]

As dimensões de variação refletem contextos nacionais distintos: maturidade regulatória e experiência prévia com mercados de electricidade, estrutura institucional do setor (número de DSOs, relação DSO-TSO), características do sistema eléctrico (penetração renovável, padrões de congestionamentos, recursos flexíveis disponíveis), e prioridades de política energética (descarbonização, segurança de abastecimento, eficiência económica). Todos os mercados enfrentam desafios comuns que limitam a participação e a escala: atração de pequenos *prosumers* devido a complexidade de processos de pré-qualificação e participação, automatização de processos críticos (ativação em tempo real, cálculo de baseline, verificação de entrega, liquidação), integração com mercados grossistas e de balanceamento para permitir acumulação de valor sem dupla contagem física, enquadramento regulatório que clarifique papéis e responsabilidades de DSO, agregadores, comercializadores e TSO, e desenvolvimento de produtos standardizados que equilibrem flexibilidade operacional com liquidez de mercado.[3][8][4][53]

### 3.3.2 FIRMe

O FIRMe constitui um marco relevante na implementação e teste dos mecanismos de flexibilidade em Portugal, ao materializar um verdadeiro mercado local de serviços de flexibilidade ao nível da rede de distribuição. Desenvolvido pela E-Redes, o projeto ("Flexibilidade Integrada em Regime de Mercado") visa responder a estrangulamentos de rede não apenas através de investimento físico tradicional, mas também por via da contratação de recursos flexíveis que ajustem o seu perfil de consumo ou produção em momentos e zonas específicas da rede.[10][9][11]

Na prática, o FIRMe estabelece um modelo em que a E-Redes identifica necessidades de flexibilidade em determinados nós ou áreas de rede e realiza leilões para adquirir serviços de subida ou descida de carga, bem como modulação de geração distribuída ou armazenamento. Podem participar produtores, consumidores, agregadores, operadores municipais e outros agentes detentores de recursos flexíveis, que apresentam propostas de preço e quantidade, sendo selecionados de acordo com critérios económicos e técnicos. Os serviços contratados são enquadrados em diferentes produtos de flexibilidade — por exemplo, produtos orientados para reforçar a resiliência da rede em situações de falha (*RESTORE*), apoiar a gestão de intervenções planeadas (*DYNAMIC*) ou garantir margens de segurança em períodos de maior carregamento (*SECURE*).[52][10][9][11]

Este enquadramento insere-se numa tendência europeia de criação de mercados locais de flexibilidade como alternativa ou complemento ao reforço convencional da rede, permitindo adiar investimentos em reforços de rede quando for mais eficiente recorrer à flexibilidade. No contexto nacional, o FIRMe representa uma das primeiras experiências estruturadas de remuneração de flexibilidade ao nível da distribuição, com contratos resultantes dos leilões e enquadramento regulatório acompanhado pela ERSE, abrindo caminho à participação mais ativa de recursos distribuídos no funcionamento do sistema elétrico português.[10][9][11]

### 3.3.3 OneNet

O projeto OneNet (*One Network for Europe*) é um projeto financiado pela União Europeia ao abrigo do 8º Programa *Horizon 2020* e pretende desenvolver uma arquitetura de mercado e de sistemas que permita mobilizar e remunerar flexibilidade em toda a Europa, desde pequenos consumidores até grandes produtores. Este projeto foi liderado pelo *Fraunhofer Institute for Applied Information Technology* e integra 72 entidades de 23 países europeus e um orçamento de 28M€. Entre os parceiros incluem-se a E-Redes, a REN e o INESC TEC de Portugal. A OMIE participa como Operador de Mercado, aplicando a sua experiência no desenho de mercados grossistas à criação de novos mercados de flexibilidade e de serviços de sistema, incluindo mercados locais de curto prazo. Este projeto ilustra a evolução de um modelo centrado apenas no mercado diário e intradiário para um ecossistema em que a flexibilidade – via resposta da procura, armazenamento e recursos energéticos distribuídos – se torna um produto transacionável em vários horizontes temporais e níveis de rede.[40][39][12]

Em concreto, o OneNet testa diferentes produtos de flexibilidade, como modulação de carga, gestão de congestão em redes de distribuição, suporte de tensão e reservas rápidas, permitindo que recursos distribuídos ofereçam serviços específicos e sejam remunerados por isso. Paralelamente, pretende desenvolver esquemas de coordenação em que TSO e DSO partilham informação e, em alguns casos, utilizam mecanismos de *market clearing* coordenados ou mercados comuns, reduzindo conflitos na utilização da mesma flexibilidade para fins locais (congestionamento) e sistémicos (segurança, reservas). Estes desenvolvimentos apontam para uma integração coerente da flexibilidade em todos os níveis de mercado, do local ao europeu.[40][39][12]

## Capítulo 4

# Metodologia

### 4.1 Descrição da Metodologia

Neste capítulo é descrita a metodologia que foi implementada no decorrer deste trabalho para se avaliar o comportamento dos preços de mercado e o valor da Função de Benefício Social se se realizarem transferências de consumo (% a especificar pelo utilizador) de uma hora  $h$  de um dia de 2025 para horas adjacentes desse dia, permitindo a realização de análises quantitativas e qualitativas de forma sistemática e eficiente.

O OMIE disponibiliza publicamente, através do seu *website*, um vasto conjunto de dados referentes às ofertas de compra e venda de energia elétrica no contexto do Mercado Ibérico. Estes dados incluem tanto formatos consolidados como registros brutos, cobrindo períodos horários, diários e intradiários.

Em primeiro lugar, é necessário construir a ferramenta computacional de simulação, capaz de analisar todas as 8 760 horas do ano e permitir a realização de transferência de consumo entre horas adjacentes, incluindo a mudança dos intervalos do mercado (janeiro-setembro: de hora a hora; outubro-dezembro: de 15 em 15 minutos).

O utilizador terá de especificar os períodos em que o consumo se irá reduzir e aqueles em que vai aumentar e informar a quantidade de energia que vai ser transferida, mantendo no final o mesmo valor de energia total. Estas horas podem ser horas laterais daquelas em que o consumo se reduz ou outras horas especificadas pelo utilizador.

Definidas as transferências de energia que se pretende simular, é necessário realizar uma nova simulação, mas desta vez do mercado, uma vez que os preços serão atualizados e por sua vez a Função de Benefício Social também se irá alterar. Com os novos valores apresentados, pretende-se comparar sistematicamente os resultados obtidos com os valores reais, de forma a observar e analisar o impacto da transferência de consumo na Função de Benefício Social e nos preços de mercado e verificar se a flexibilidade teria, ou não, beneficiado o mercado.

## 4.2 Fluxograma

O fluxograma da metodologia desenvolvida é apresentado na Figura 4.1.

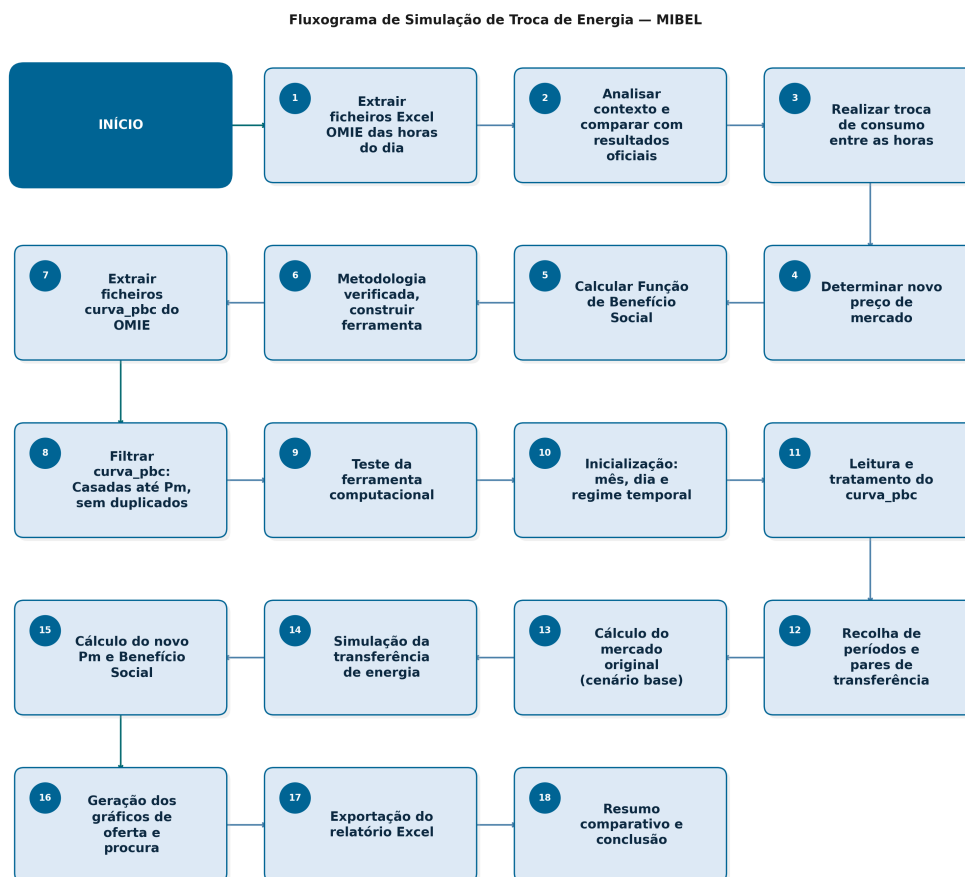


Figura 4.1: Fluxograma da metodologia desenvolvida

- Inicialmente, foi escolhido um dia aleatório cujas curvas agregadas estivessem disponíveis, uma vez que, a partir do dia 18 de março até à mudança do regime no dia 1 de outubro essas curvas não estão disponíveis. De seguida, é necessário recolher os dados das horas em questão, estes presentes no ficheiro Excel disponibilizado na página das curvas agregadas do OMIE.
- Dividindo a informação entre ofertas de venda e de compra, é possível observar todas as ofertas tanto no estado "Ofertada" como "Casada". Estas denominações indicam o estado da oferta, ou seja, todas as ofertas são inicialmente "Ofertadas" e quando são aceites no mercado passam a ser "Casadas". Para determinar o contexto do mercado real, apenas se

consideram as ofertas "Casadas", uma vez que estas representam as transações efetivamente realizadas e compara-se os resultados obtidos com os valores oficiais no site do OMIE.

- Com o contexto real estabelecido, é feita uma transferência de consumo entre as horas envolvidas. A hora com preço marginal mais elevado é a hora de origem, ou seja, a hora em que se retira a energia, e a(s) hora(s) com preço marginal mais baixo é a hora de destino, ou seja, a hora em que se adiciona a energia. Este processo é realizado de forma a manter o mesmo valor de energia total, ou seja, a energia retirada da hora de origem é adicionada à(s) hora(s) de destino. Esta troca é feita ao retirar as ofertas "Casadas" mais caras da hora de origem e adicionar uma oferta na(s) hora(s) de destino com o preço mais alto dessa hora de forma a garantir a sua entrada no mercado.
- Desta forma é possível determinar o novo preço marginal e calcular o novo valor da Função de Benefício Social. Com os preços de mercado estabelecidos é possível apresentar os resultados do teste, servindo como base para a implementação da ferramenta computacional que permite realizar este processo de forma automática e eficiente.
- A ferramenta computacional criada em linguagem Python replica o processo realizado no Excel de forma automática e imediata, permitindo um estudo mais aprofundado e sistemático, com a possibilidade de analisar todas as 8760 horas do ano e realizar transferências de consumo de forma mais eficiente.
- Para o seu funcionamento é necessário recorrer à extração dos arquivos do OMIE que disponibilizam a informação das ofertas de compra e de venda de energia elétrica de todos os dias do ano nos ficheiros "curva\_pbc", que são ficheiros diários que contêm todas as ofertas "Ofertadas" e "Casadas" de cada período de transação desse dia.
- Da mesma forma que foi necessário realizar uma filtragem das ofertas no Excel, também é necessário realizar uma filtragem das ofertas nos ficheiros "curva\_pbc" de forma a apenas existirem ofertas "Casadas" até ao preço marginal, de forma a que não existam ofertas duplicadas. Esta filtração é realizada através de um código em Python que lê os ficheiros "curva\_pbc" e seleciona apenas as ofertas "Casadas" até ao preço marginal, garantindo que a informação utilizada para a simulação é consistente e precisa.
- Com os dados filtrados é possível prosseguir para a simulação da transferência de consumo.
- O utilizador indica o mês e o dia que pretende analisar, consoante a escolha do mês, o programa irá determinar o regime de funcionamento do mercado, ou seja, se é necessário realizar a análise por horas ou por intervalos de 15 minutos. De seguida o utilizador indica as horas ou períodos envolvidos na troca, recebendo a informação da energia total transacionada, o preço marginal e a Função de Benefício Social de cada hora ou período.
- Podendo visualizar toda a informação relevante, o utilizador indica a hora ou período(s) de origem, ou seja, a hora ou período em que se pretende retirar a energia, e a hora ou período(s) de destino, ou seja, a hora ou período(s) em que se pretende adicionar a energia. O

utilizador também indica a percentagem da energia total transacionada que pretende transferir, sendo que o programa irá calcular o valor correspondente e realizar a transferência de forma automática.

- O programa realiza a transferência de consumo, apresentando os novos resultados do mercado, o utilizador tem acesso imediato aos novos preços marginais e ao novo valor da Função de Benefício Social, podendo comparar com os valores anteriores e analisar o impacto da transferência de consumo.
- Ao mesmo tempo o programa também gera os gráficos das curvas agregadas de oferta e procura para as horas ou períodos envolvidos na troca, tanto no cenário original como no cenário simulado, permitindo uma visualização clara do impacto da transferência de consumo nas curvas de mercado.
- A última função do programa é criar um ficheiro Excel detalhando os vários cenários da simulação.
- Finalmente, é possível realizar uma análise mais aprofundada dos resultados, comparando os valores obtidos com os valores reais do mercado e observando o impacto da transferência de consumo na Função de Benefício Social e nos preços de mercado, permitindo tirar conclusões sobre a eficácia da flexibilidade no contexto do Mercado Ibérico.

### 4.3 Exemplo Ilustrativo

Importa salientar que, durante a fase preliminar do trabalho, a abordagem de validação manual que recorreu aos ficheiros Excel disponibilizados pelo OMIE, com o objetivo de verificar a coerência da metodologia desenvolvida contém os resultados finais do mercado, incluindo o preço marginal determinado pelo algoritmo EUPHEMIA.

Contudo, na implementação computacional da metodologia, foi necessário recorrer aos ficheiros "curva\_pbc", uma vez que estes contém as ofertas originais submetidas ao mercado e constituem a fonte de dados adequada para a reconstrução das curvas agregadas de oferta e procura. Ao contrário dos ficheiros Excel, os ficheiros "curva\_pbc" não incluem o preço marginal calculado pelo algoritmo EUPHEMIA, cuja formulação é proprietária e não se encontra publicamente disponível.

Consequentemente, os preços marginais obtidos através da implementação desenvolvida diferem ligeiramente dos valores publicados pelo OMIE. Estas diferenças resultam exclusivamente da impossibilidade de reproduzir integralmente o mecanismo interno de formação de preços do algoritmo EUPHEMIA e não de qualquer inconsistência na metodologia utilizada.

Apesar de existirem pequenas discrepâncias o seu impacto nos resultados é negligenciável. Embora provoquem ligeiras variações nos valores calculados da Função de Benefício Social, esta é expressa em valores da ordem das dezenas de milhões de euros, pelo que tais diferenças não alteram de forma significativa os resultados obtidos nem as conclusões do estudo.



Analisando o site da OMIE verificou-se que as horas em que começam a ocorrer aumentos do preço é no final do dia (a partir das 18/19h) chegando aos picos de preço entre as 20 e as 22h e como se procura principalmente analisar horas adjacentes escolheu-se o intervalo entre as 19 e as 22h como o principal elemento de estudo.

Escolheu-se então o dia 15 de fevereiro de 2025 utilizando as horas 19 e 20 e realizou-se a simulação manualmente através da ferramenta Excel. O ficheiro Excel que está disponível no site do OMIE apresenta a hora e o dia a qual se refere a proposta, sendo estas classificadas em V ou C, para distinguir as ofertas de venda ou compra, respetivamente. Estas são também classificadas em C ou O, quer sejam propostas casadas ou ofertadas, dependendo se entram ou não no despacho final. Para realizar o estudo no ficheiro é necessário separar as ofertas de venda e ofertas de compra, portanto criam-se folhas cópias da original filtradas com apenas as ofertas de interesse.

| Hora | Fecha      | Pais | Unidad | Tipo Oferta | Energía Compra/Venta | Precio Compra/Venta | Ofertada (O)/Casada (C) |
|------|------------|------|--------|-------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 395,5                | 1 500,00            | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 7,1                  | 1 500,00            | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 319,3                | 1 500,00            | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 0,4                  | 800,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 1,2                  | 701,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 0,1                  | 700,05              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 2 797,6              | 501,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 324,6                | 501,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 43,8                 | 501,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 71,0                 | 500,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 1 043,7              | 500,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 11,6                 | 500,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 7,7                  | 500,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 465,0                | 500,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 26,7                 | 500,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 12,3                 | 500,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 118,7                | 500,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 154,6                | 500,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 968,8                | 500,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 0,3                  | 466,30              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 40,4                 | 466,30              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 0,1                  | 466,30              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 134,7                | 451,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 38,8                 | 451,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 17,8                 | 450,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 591,7                | 450,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 4,5                  | 450,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 107,1                | 450,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 3,5                  | 423,35              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 39,4                 | 402,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 60,0                 | 402,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 52,9                 | 402,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 9,3                  | 402,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 17,4                 | 400,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 100,3                | 400,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 519,9                | 400,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 1 273,6              | 400,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 23,8                 | 400,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 2,3                  | 400,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 6,8                  | 400,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 59,5                 | 400,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 3,1                  | 400,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 27,5                 | 400,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 64,6                 | 400,00              | O                       |
| 20   | 15/02/2025 | MI   |        | C           | 0,6                  | 400,00              | O                       |

Figura 4.2: Ficheiro Excel diretamente retirado do site da OMIE sem alterações

Para utilizar a metodologia desenvolvida é, finalmente, necessário conhecer as suas curvas agregadas. Para tal, realiza-se uma última filtragem considerando unicamente as propostas de vendas e compras casadas, portanto que entram no despacho final, observada nas Figuras 4.2 e 4.3. A Tabela 4.1 apresenta os resultados obtidos no Excel e as Figuras 4.4 e 4.5 os resultados oficiais publicados no site do OMIE.

| Tipo Oferta | Energía Compra/Venta | Precio Compra/Venta | Ofertada (O)/Casada (C) |
|-------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| V           | 9,5                  | -500,00             | C                       |
| V           | 48,1                 | -120,00             | C                       |
| V           | 40,0                 | -120,00             | C                       |
| V           | 0,2                  | -100,00             | C                       |
| V           | 2,0                  | -100,00             | C                       |
| V           | 0,1                  | -100,00             | C                       |
| V           | 13,0                 | -100,00             | C                       |
| V           | 1,7                  | -60,00              | C                       |
| V           | 11,7                 | -60,00              | C                       |
| V           | 1,5                  | -60,00              | C                       |
| V           | 1,1                  | -50,00              | C                       |
| V           | 0,9                  | -50,00              | C                       |
| V           | 5,0                  | -50,00              | C                       |
| V           | 1,0                  | -50,00              | C                       |
| V           | 11,6                 | -50,00              | C                       |
| V           | 1,0                  | -50,00              | C                       |
| V           | 1,0                  | -50,00              | C                       |
| V           | 27,2                 | -50,00              | C                       |
| V           | 0,5                  | -50,00              | C                       |
| V           | 56,0                 | -50,00              | C                       |
| V           | 5,0                  | -50,00              | C                       |
| V           | 2,9                  | -50,00              | C                       |
| V           | 43,3                 | -50,00              | C                       |
| V           | 16,3                 | -50,00              | C                       |
| V           | 3,0                  | -50,00              | C                       |
| V           | 22,0                 | -50,00              | C                       |
| V           | 5,5                  | -50,00              | C                       |
| V           | 3,3                  | -50,00              | C                       |
| V           | 1,2                  | -50,00              | C                       |
| V           | 1,2                  | -50,00              | C                       |
| V           | 127,0                | -50,00              | C                       |
| V           | 7,3                  | -50,00              | C                       |
| V           | 19,1                 | -50,00              | C                       |
| V           | 9,4                  | -50,00              | C                       |
| V           | 15,0                 | -50,00              | C                       |
| V           | 48,1                 | -50,00              | C                       |
| V           | 14,0                 | -40,00              | C                       |
| V           | 80,1                 | -40,00              | C                       |
| V           | 42,0                 | -40,00              | C                       |
| V           | 41,0                 | -40,00              | C                       |

Figura 4.3: Filtragem das ofertas de venda

| Tipo Oferta | Energía Compra/Venta | Precio Compra/Venta | Ofertada (O)/Casada (C) |
|-------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| C           | 395,5                | 1 500,00            | C                       |
| C           | 2 914,0              | 1 500,00            | C                       |
| C           | 319,3                | 1 500,00            | C                       |
| C           | 7,1                  | 1 500,00            | C                       |
| C           | 0,4                  | 800,00              | C                       |
| C           | 1,2                  | 701,00              | C                       |
| C           | 0,1                  | 700,05              | C                       |
| C           | 324,6                | 501,00              | C                       |
| C           | 2 797,6              | 501,00              | C                       |
| C           | 43,8                 | 501,00              | C                       |
| C           | 968,8                | 500,00              | C                       |
| C           | 465,0                | 500,00              | C                       |
| C           | 71,0                 | 500,00              | C                       |
| C           | 1 043,7              | 500,00              | C                       |
| C           | 12,3                 | 500,00              | C                       |
| C           | 26,7                 | 500,00              | C                       |
| C           | 154,6                | 500,00              | C                       |
| C           | 7,7                  | 500,00              | C                       |
| C           | 118,7                | 500,00              | C                       |
| C           | 11,6                 | 500,00              | C                       |
| C           | 0,1                  | 466,30              | C                       |
| C           | 0,3                  | 466,30              | C                       |
| C           | 40,4                 | 466,30              | C                       |
| C           | 38,8                 | 451,00              | C                       |
| C           | 134,7                | 451,00              | C                       |
| C           | 591,7                | 450,00              | C                       |
| C           | 107,1                | 450,00              | C                       |
| C           | 17,8                 | 450,00              | C                       |
| C           | 4,5                  | 450,00              | C                       |
| C           | 3,5                  | 423,35              | C                       |
| C           | 39,4                 | 402,00              | C                       |
| C           | 9,3                  | 402,00              | C                       |
| C           | 60,0                 | 402,00              | C                       |
| C           | 52,9                 | 402,00              | C                       |
| C           | 6,7                  | 400,00              | C                       |
| C           | 1 273,6              | 400,00              | C                       |
| C           | 23,8                 | 400,00              | C                       |
| C           | 519,9                | 400,00              | C                       |
| C           | 2,5                  | 400,00              | C                       |
| C           | 0,6                  | 400,00              | C                       |

Figura 4.4: Filtragem das ofertas de compra

Tabela 4.1: Resultados originais obtidos no ficheiro Excel disponibilizado pelo OMIE

| Horas | Energia (MWh) | Preço Marginal (€/MWh) | Função de Benefício Social (€) |
|-------|---------------|------------------------|--------------------------------|
| 19    | 24 595,80     | 110,00                 | 13 086 149,41                  |
| 20    | 26 133,10     | 131,51                 | 12 925 612,80                  |

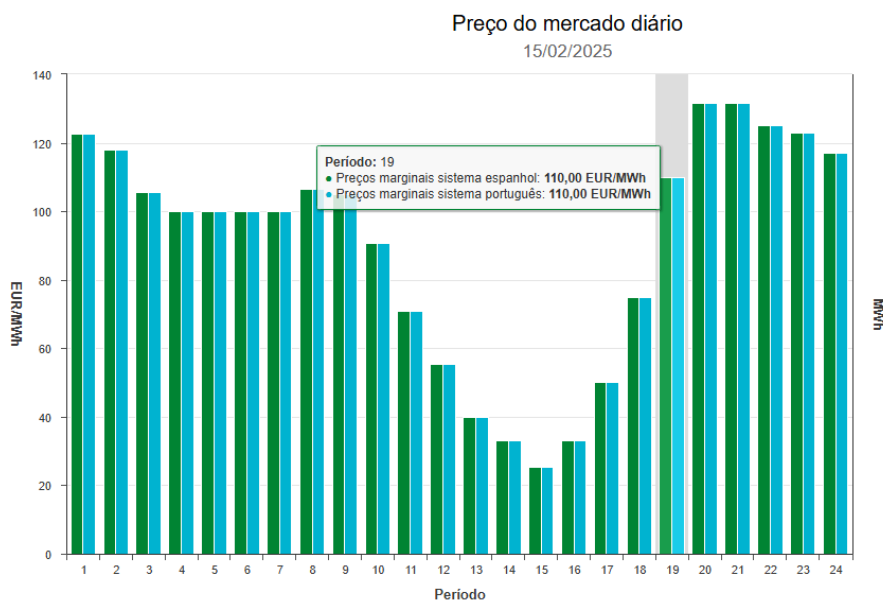


Figura 4.5: Preço Marginal na hora 19 do dia 15 de fevereiro de 2025

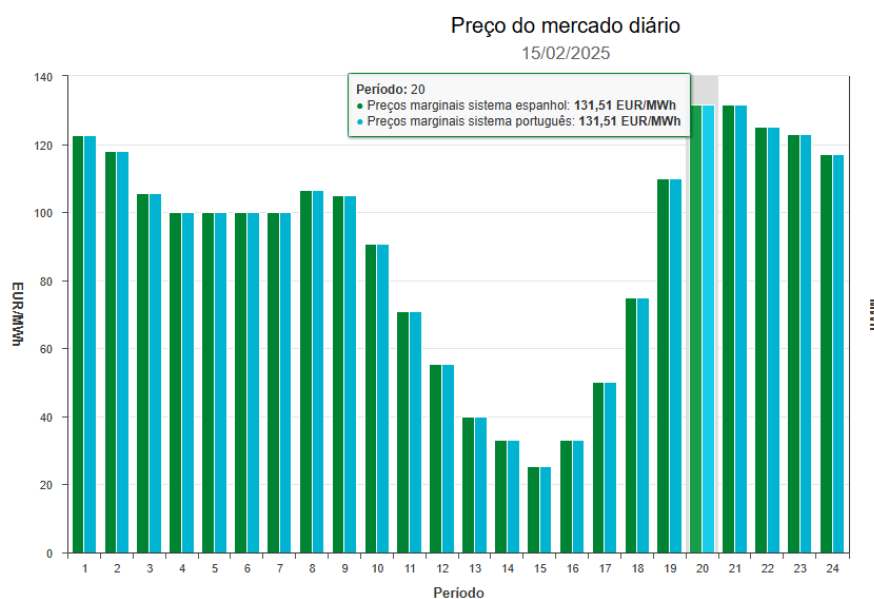


Figura 4.6: Preço Marginal na hora 20 do dia 15 de fevereiro de 2025

O cálculo da Função de Benefício Social foi realizado através do modelo apresentado no capítulo 2, formulação (2.1) a (2.4).

De seguida decidiu-se transferir 10% da energia transacionada na hora 20 para a hora 19. A energia transacionada na hora 20 era de 26133,1 MW, portanto reduziu-se 2613,31 MW e este valor foi adicionado à energia verificada na hora 19. Para realizar essa alteração no mercado retirou-se a energia das ofertas mais caras da hora 20, observado nas Figuras 4.7 4.8 e 4.9, e adicionou-se uma oferta na hora 19 com o preço mais caro, observado nas Figuras 4.10 e 4.11.

| Tipo Oferta | Energía Compra/Venta | Precio Compra/Venta | Ofertada (O)/Casada (C) |
|-------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| C           | 395,5                | 1 500,00            | C                       |
| C           | 2 914,0              | 1 500,00            | C                       |
| C           | 319,3                | 1 500,00            | C                       |
| C           | 7,1                  | 1 500,00            | C                       |
| C           | 0,4                  | 800,00              | C                       |

Figura 4.7: Compras originais na hora 20 do dia 15 de fevereiro

| Tipo Ofel | Energía Compra/Ven | Precio Compra/Ven | Ofertada (O)/Casada (C) | a retirar | nova energia |
|-----------|--------------------|-------------------|-------------------------|-----------|--------------|
| C         | 395,5              | 1 500,00          | C                       | 395,5     |              |
| C         | 2 914,0            | 1 500,00          | C                       | 2613,31   | 696,2        |
| C         | 319,3              | 1 500,00          | C                       |           | 319,3        |
| C         | 7,1                | 1 500,00          | C                       |           | 7,1          |
| C         | 0,4                | 800,00            | C                       |           | 0,4          |

Figura 4.8: Processo de retirar a energia das ofertas mais caras

| Tipo Oferta | Energía Compra/Venta | Precio Compra/Venta | Ofertada (O)/Casada (C) |
|-------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| C           | 696,2                | 1 500,00            | C                       |
| C           | 319,3                | 1 500,00            | C                       |
| C           | 7,1                  | 1 500,00            | C                       |
| C           | 0,4                  | 800,00              | C                       |

Figura 4.9: Compras atualizadas na hora 20 do dia 15 de fevereiro

| Tipo Oferta | Energía Compra/Venta | Precio Compra/Venta | Ofertada (O)/Casada (C) |
|-------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| C           | 3 376,0              | 1 500,00            | C                       |
| C           | 366,7                | 1 500,00            | C                       |
| C           | 291,6                | 1 500,00            | C                       |
| C           | 7,1                  | 1 500,00            | C                       |
| C           | 0,3                  | 800,00              | C                       |

Figura 4.10: Compras originais na hora 19 do dia 15 de fevereiro de 2025

| Tipo Ofel | Energía Compra/Ven | Precio Compra/Ven | Ofertada (O)/Casada (C) |
|-----------|--------------------|-------------------|-------------------------|
| C         | 2613,31            | 1500              | C                       |
| C         | 3 376,0            | 1 500,00          | C                       |
| C         | 366,7              | 1 500,00          | C                       |
| C         | 291,6              | 1 500,00          | C                       |
| C         | 7,1                | 1 500,00          | C                       |
| C         | 0,3                | 800,00            | C                       |

Figura 4.11: Compras atualizadas na hora 19 do dia 15 de fevereiro de 2025

Com as novas condições de mercado estabelecidas é possível determinar o novo valor do preço marginal e calcular o novo valor da Função do Benefício Social. Para obter o valor mais preciso possível recorreu-se a um código que criava o gráfico das curvas agregadas e indicava o ponto de interseção das curvas agregadas.

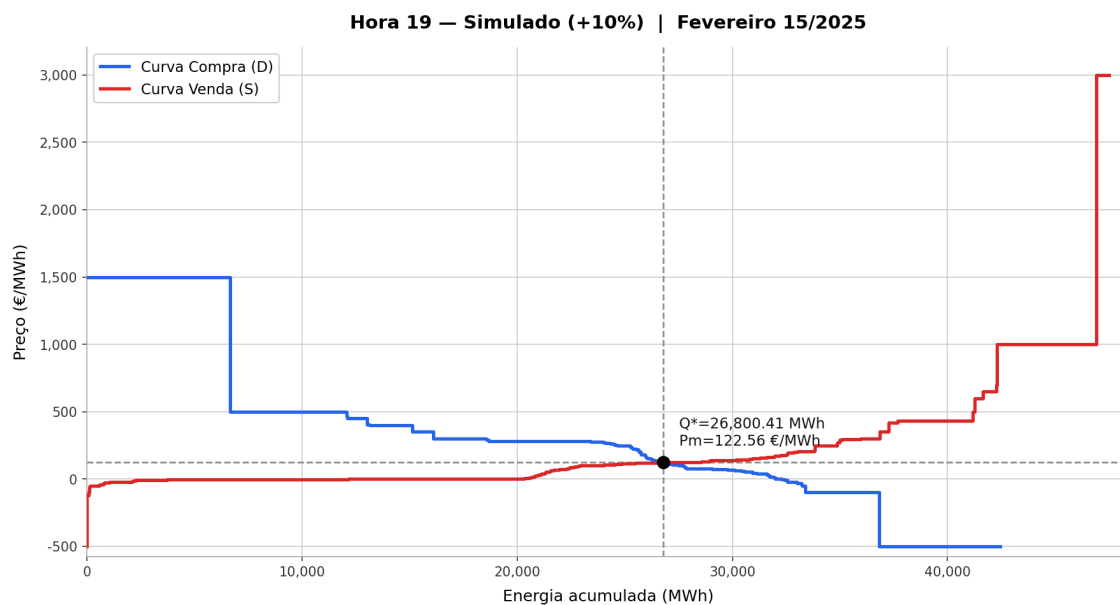


Figura 4.12: Novas curvas de mercado para a hora 19 do dia 15 de fevereiro de 2025

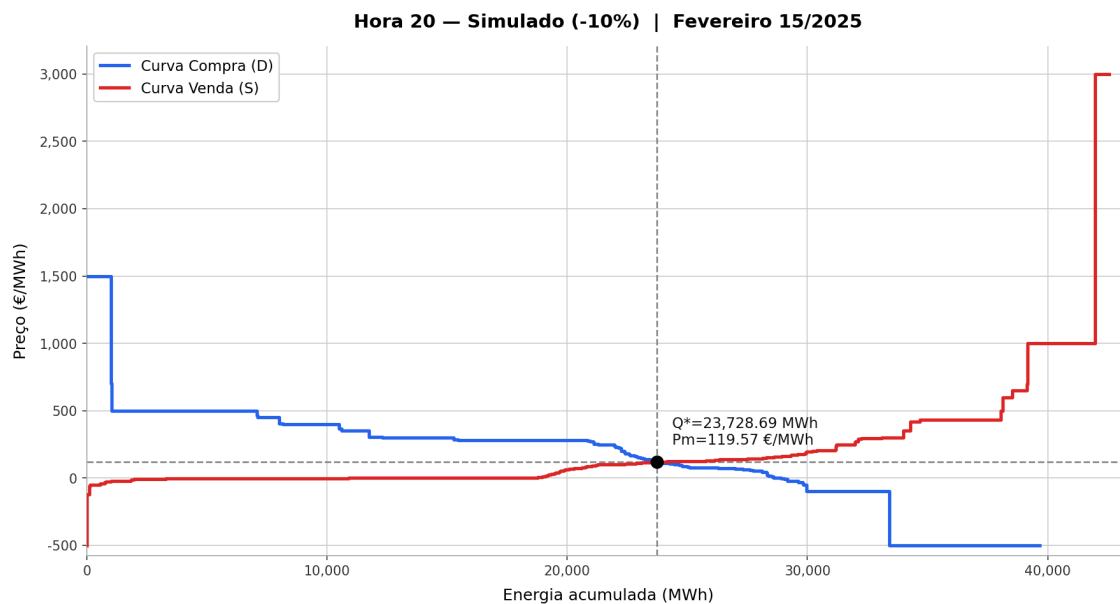


Figura 4.13: Novas curvas de mercado para a hora 20 do dia 15 de fevereiro de 2025

Com os preços de mercado estabelecidos é possível apresentar os resultados da simulação tal como se indica na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Resultados do novo mercado obtidos no ficheiro Excel

| Horas | Energia (MWh) | Preço Marginal (€/MWh) | Função de Benefício Social (€) |
|-------|---------------|------------------------|--------------------------------|
| 19    | 26 800,41     | 122,56                 | 16 699 881,27                  |
| 20    | 23 728,69     | 119,57                 | 9 330 380,65                   |

Tendo por base esta metodologia foi criado um código em Python capaz de realizar esta troca de energia e fazer o tratamento dos resultados, apresentando gráficos e disponibilizando uma folha excel detalhando os vários cenários da simulação.

## 4.4 Ferramenta computacional

### 4.4.1 Descrição da Ferramenta

A ferramenta computacional criada em linguagem Python tem como objetivo transferir percentagens da energia transacionada numa hora definidas pelo utilizador entre 2 ou mais horas. Neste estudo o foco manteve-se em analisar a troca entre 2 ou 3 horas. Ao executar o programa o utilizador define o mês, dia e as horas que irão ser estudadas. De seguida será apresentado o cenário original com a energia transacionada em cada hora, o seu preço marginal e o valor da Função de Benefício Social. Assim o utilizador terá conhecimento da hora em que pretende retirar a energia (hora com preço marginal superior). Novamente será perguntado ao utilizador qual será a hora de origem (hora que se retira a energia) e a percentagem a retirar, caso a troca seja entre mais que duas horas, a energia será dividida igualmente entre as horas que recebem. Finalmente serão apresentados os resultados para uma visualização imediata. Serão igualmente produzidos gráficos de curvas agregadas de todas as horas nos dois cenários e uma folha excel que permite uma análise mais profunda dos resultados.

Uma vez que a partir de 1 de outubro de 2025 o mercado diário passou a funcionar com unidade temporal de 15 minutos (MTU15) foi necessário adaptar a ferramenta para tal. A ferramenta realiza exatamente o mesmo funcionamento, apenas diferindo nos *inputs* e nas trocas, perante um aumento do número de trocas necessárias para obter o mesmo volume de energia transacionado no programa horário o utilizador tem de definir um maior número de intervalos e atribuir individualmente os envolvidos na troca e o volume da mesma.

Finalmente foi criada uma versão mensal em que o utilizador escolhe as horas ou intervalos e replica essa troca para todos os dias desse mês, esta análise é de bastante interesse devido ao maior impacto que poderá ter a nível económico do que se apenas se observar dias isolados. No entanto a identificação das horas com preço mais elevado pode revelar-se problemática, pois podem ocorrer exceções e atipicidades.

#### 4.4.2 Exemplo Ilustrativo

Introduzindo o mesmo dia escolhido para a análise em Excel referida na secção 4.3, é disponibilizado ao utilizador a informação no terminal da ferramenta computacional apresentada na Figura 4.11.

```
=====
Simulador de Troca de Energia – MIBEL 2025
=====

Mês (1-12): 2
Dia (1-31): 15

Ficheiro carregado: curva_pbc_20250215.1
Regime: horário (Mwh)

Número de horas a analisar (2 ou 3): 2
Horas disponíveis: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24
Hora 1 [número (ex: 1)]: 19
Hora 2 [número (ex: 1)]: 20

— Cenário Original —
Hora 19: Q*= 24,595.80 MWh | Pm=110.0000 €/MWh | BS= 13,086,149.41 €
Hora 20: Q*= 26,133.10 MWh | Pm=131.5250 €/MWh | BS= 12,925,612.80 €

— Parâmetros da Troca —
Hora de origem ['19', '20']: 20
Percentagem de energia a retirar (0-100): 10
→ Energia a retirar : 2,613.31 MWh
→ Energia por destino : 2,613.31 MWh
→ Destinos : ['19']

— Cenário Simulado —
19 : Q*= 26,800.41 MWh | Pm=122.5600 €/MWh | BS= 16,699,881.27 €
20 : Q*= 23,728.69 MWh | Pm=119.5700 €/MWh | BS= 9,330,380.65 €
```

Figura 4.14: Interface do utilizador ao correr a ferramenta computacional

Como se pode observar o terminal apresenta o cenário real, com valores idênticos aos observados no Excel. De seguida é lhe questionado a hora ou o período de origem (de onde se vai retirar consumo) e a percentagem de consumo que será transferido. O programa identifica que no exemplo só existe um destino, portanto redireciona toda a energia para essa hora e calcula o novo preço de mercado.

Com as novas condições de mercado estabelecidas é apresentada a nova energia transacionada nos períodos, o novo preço marginal e o novo valor da Função de Benefício Social.

Finalmente a ferramenta apresenta ao utilizador os gráficos das curvas agregadas (Figuras 4.15 a 4.18) e um Excel com um relatório da simulação.



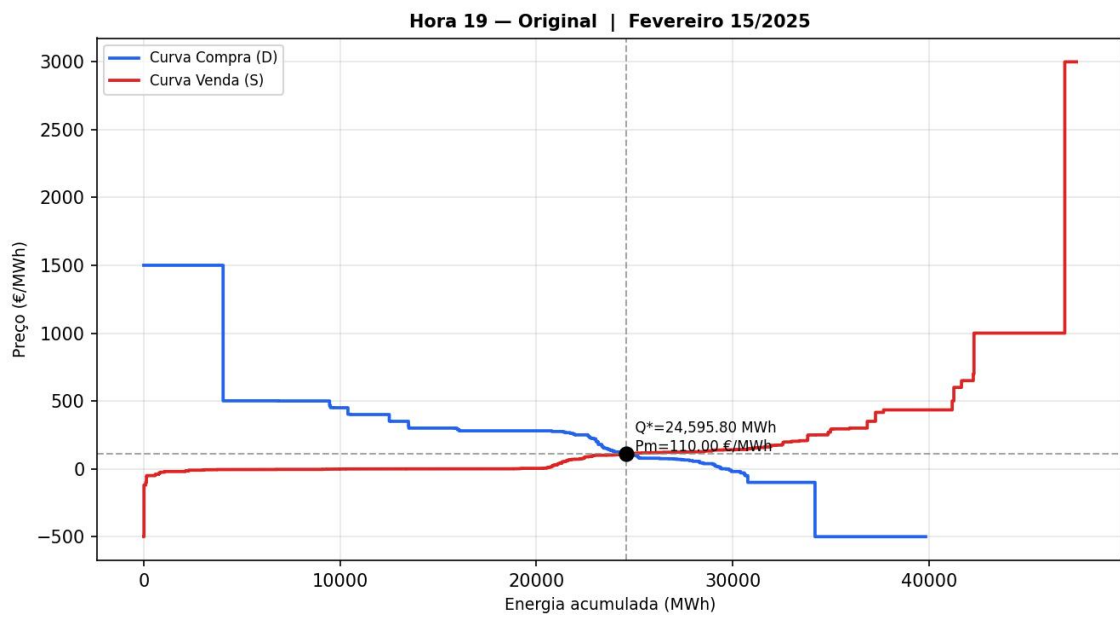


Figura 4.15: Gráfico das curvas agregadas da oferta e demanda para a hora 19 originais gerada pela ferramenta computacional

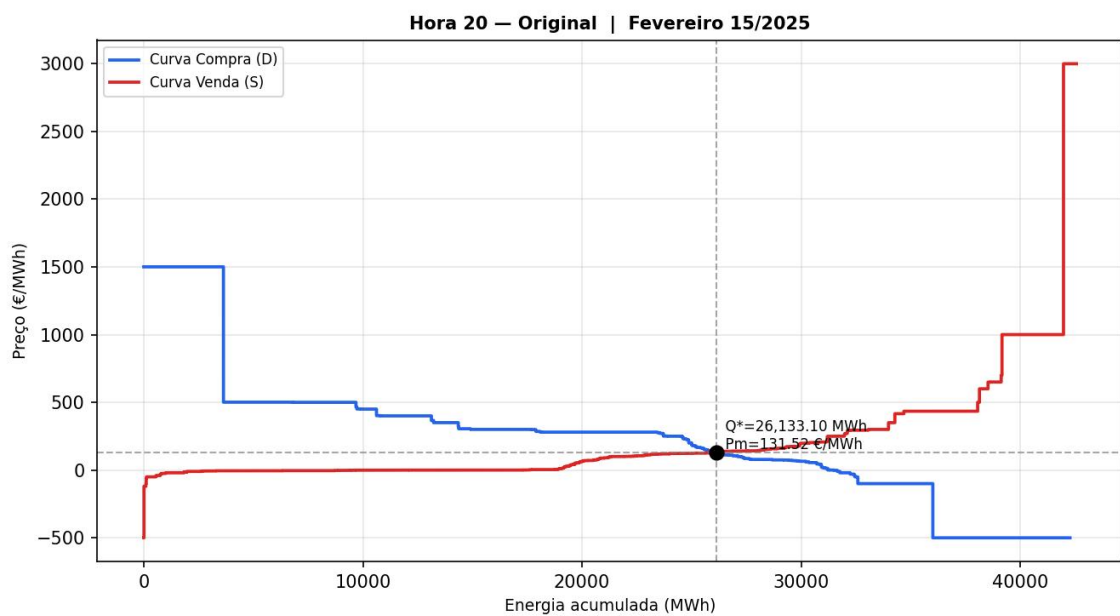


Figura 4.16: Gráfico das curvas agregadas da oferta e demanda para a hora 20 originais gerada pela ferramenta computacional

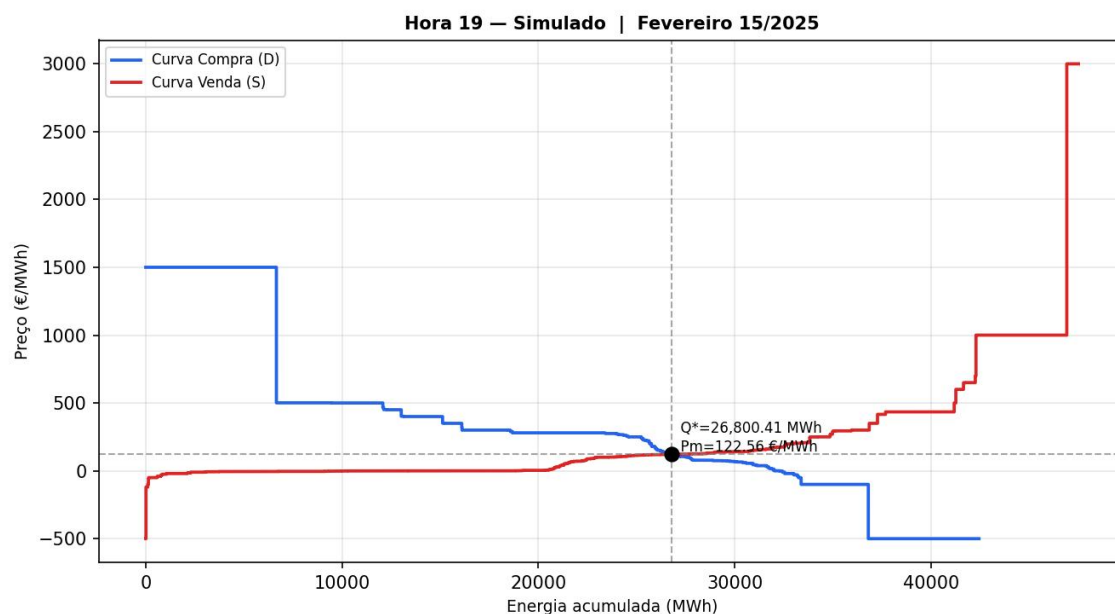


Figura 4.17: Gráfico das curvas agregadas da oferta e demanda para a hora 19 simuladas gerada pela ferramenta computacional

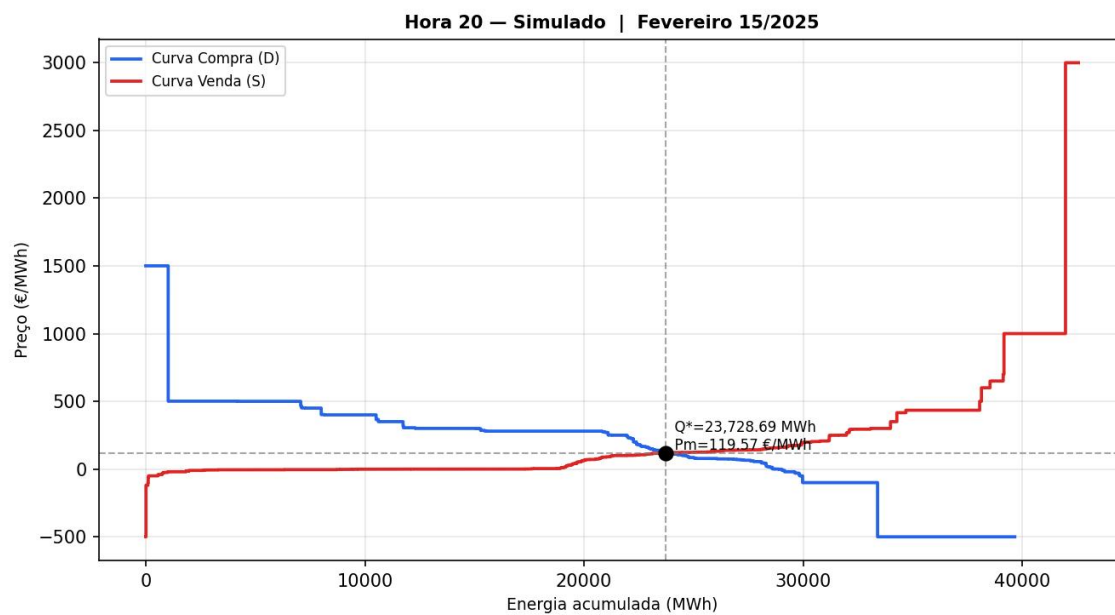


Figura 4.18: Gráfico das curvas agregadas da oferta e demanda para a hora 20 simuladas gerada pela ferramenta computacional

## Capítulo 5

# Resultados

### 5.1 Descrição das Simulações e Resultados

O objetivo deste capítulo é apresentar, analisar e comparar os resultados das simulações com os cenários reais e verificar se a flexibilidade permite um aumento significativo no valor da Função de Benefício Social.

Para além do estudo de 2 ou 3 horas adjacentes, também foram exploradas trocas de energia entre horas distantes, apesar de ser um conceito mais difícil de replicar, uma vez que pode implicar a necessidade de instalações de baterias para armazenar a energia. No entanto, é um estudo bastante relevante e importante de considerar devido à forma como os preços se distribuem durante o dia.

Em cada secção de simulações serão apresentadas 2 simulações de dias escolhidos aleatoriamente, uma para o contexto horário e outra para o contexto MTU15. Para complementar este capítulo, o Anexo A contém os resultados detalhados da análise mensal que foi realizada apresentando cada transição e o seu impacto na Função de Benefício Social.

### 5.2 Horas Adjacentes

#### 5.2.1 Análise de 2 Horas

##### 5.2.1.1 10 de março

A Tabela 5.1 representa os valores originais do dia 10 março às 19h e 20h, de seguida as figuras 5.1 e 5.2 apresentam as curvas agregadas da oferta e procura.

Tabela 5.1: Resultados originais do dia 10 março

| Horas | Energia (MWh) | Preço Marginal (€/MWh) | Função de Benefício Social (€) |
|-------|---------------|------------------------|--------------------------------|
| 19    | 27 616,50     | 119,75                 | 12 247 405,45                  |
| 20    | 27 643,50     | 151,64                 | 10 426 035,67                  |

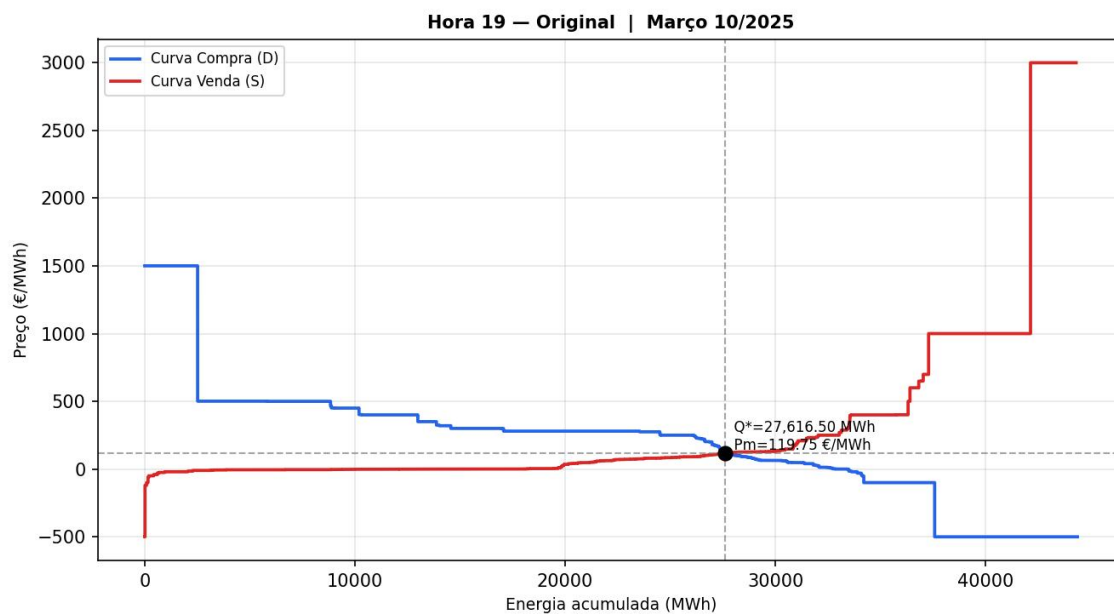


Figura 5.1: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 19

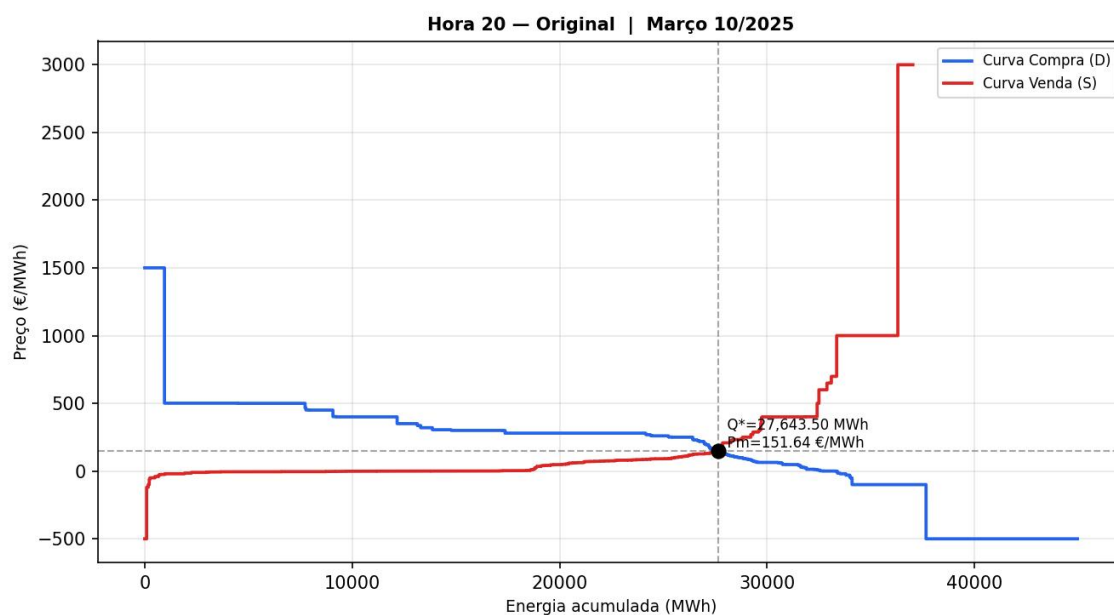


Figura 5.2: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 20

Ao aplicar uma redução de 10% na energia transacionada na hora 20 obtemos os seguintes resultados.

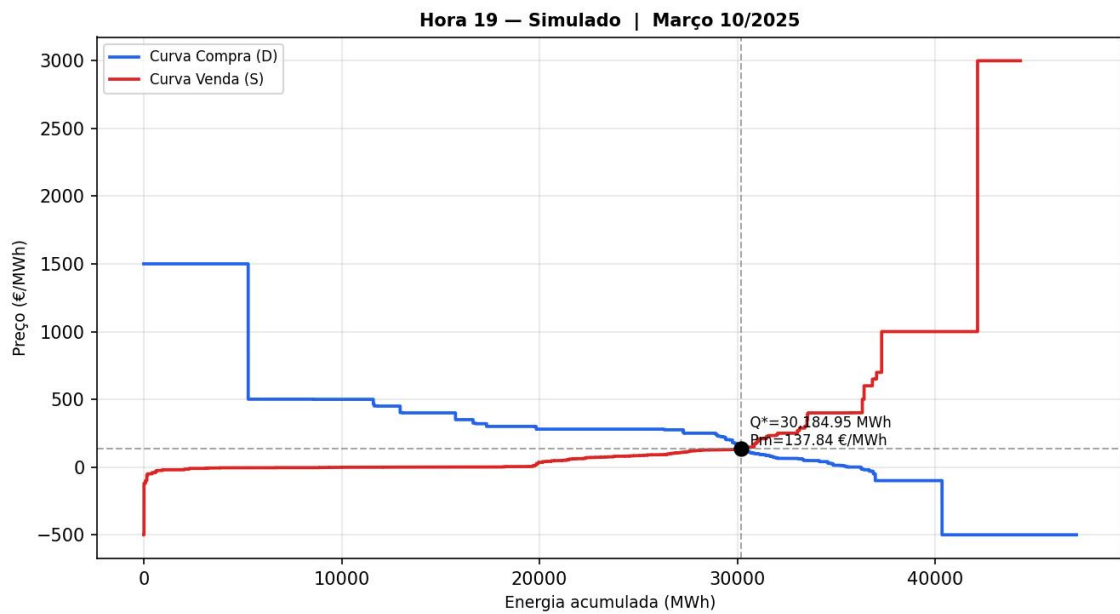


Figura 5.3: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 19 simulada

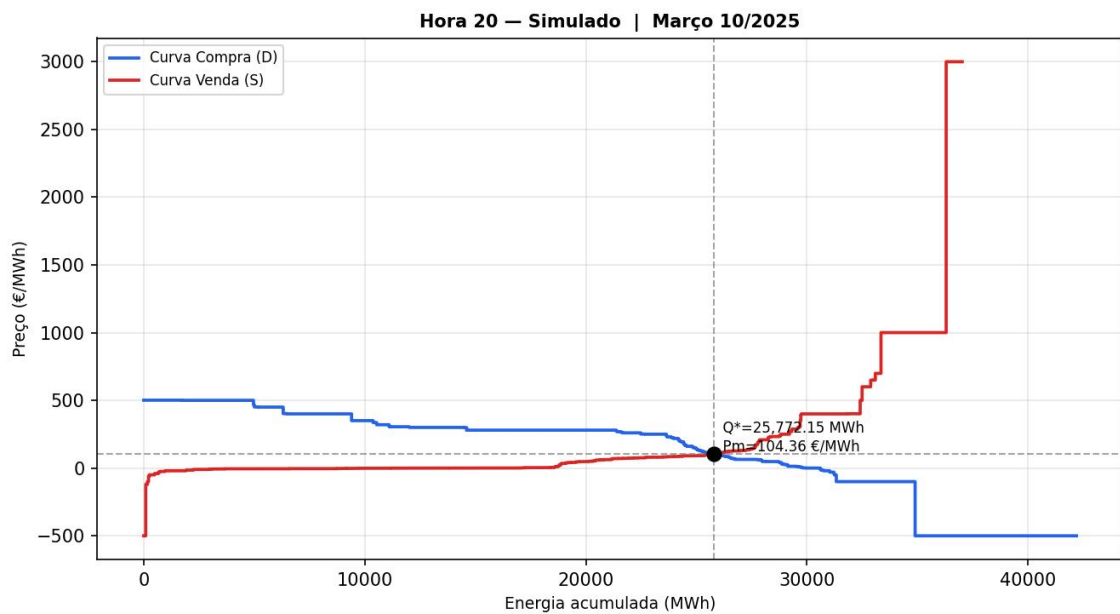


Figura 5.4: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 20 simulada

Tabela 5.2: Resultados simulados do dia 10 março

| <b>Horas</b> | <b>Energia (MWh)</b> | <b>Preço Marginal (€/MWh)</b> | <b>Função de Benefício Social (€)</b> |
|--------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 19           | 30 184,95            | 137,84                        | 16 043 276,98                         |
| 20           | 25 772,15            | 104,36                        | 8 435 829,43                          |

Esta simples alteração causa um aumento de 18,09€/MWh na hora 19, mas provoca uma redução de 47,28€/MWh na hora 20, permitindo uma redução total de 29,19€/MWh de preço marginal.

Tabela 5.3: Comparação dos resultados da Função de Benefício Social do dia 10 de março

| <b>Cenário</b> | <b>Função de Benefício Social (€)</b> |
|----------------|---------------------------------------|
| Original       | 22 673 441,12                         |
| Simulado       | 24 479 106,41                         |

Observando a Tabela 5.2 conclui-se que houve um aumento de 1 805 665,29 € no valor da Função de Benefício Social. Este valor representa um aumento de 7,97% na Função de Benefício Social, o que é um resultado bastante significativo para uma simples alteração de 10% na energia transacionada. Este resultado demonstra o potencial que a flexibilidade do consumo tem para melhorar a eficiência do mercado e aumentar o bem-estar económico dos consumidores, ao permitir uma melhor adaptação da procura às condições de oferta e aos preços marginais.

#### 5.2.1.2 25 de novembro

A Tabela 5.4 representa os valores originais do dia 25 de novembro às 19h e 20h, de seguida as Figuras 5.5 a 5.12 apresentam as curvas agregadas da oferta e procura de cada quarto de hora. A definição dos blocos de 15 minutos decorrem da denominação oficial da OMIE.

Tabela 5.4: Resultados originais do dia 25 de novembro

| <b>Períodos</b> | <b>Potência (MW)</b> | <b>Energia (MWh)</b> | <b>Preço Marginal (€/MWh)</b> | <b>Função de Benefício (€)</b> |
|-----------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| H19Q1           | 30 001,08            | 7 500,27             | 93,00                         | 3 978 547,36                   |
| H19Q2           | 30 537,80            | 7 634,45             | 97,09                         | 4 131 453,49                   |
| H19Q3           | 30 882,08            | 7 720,52             | 103,91                        | 4 179 512,38                   |
| H19Q4           | 31 176,12            | 7 794,03             | 106,04                        | 4 229 790,69                   |
| H20Q1           | 30 815,00            | 7 703,75             | 101,61                        | 4 160 468,61                   |
| H20Q2           | 30 828,08            | 7 707,02             | 102,13                        | 4 064 730,86                   |
| H20Q3           | 30 689,00            | 7 672,25             | 102,09                        | 3 901 139,48                   |
| H20Q4           | 30 653,52            | 7 663,38             | 102,82                        | 3 826 775,80                   |

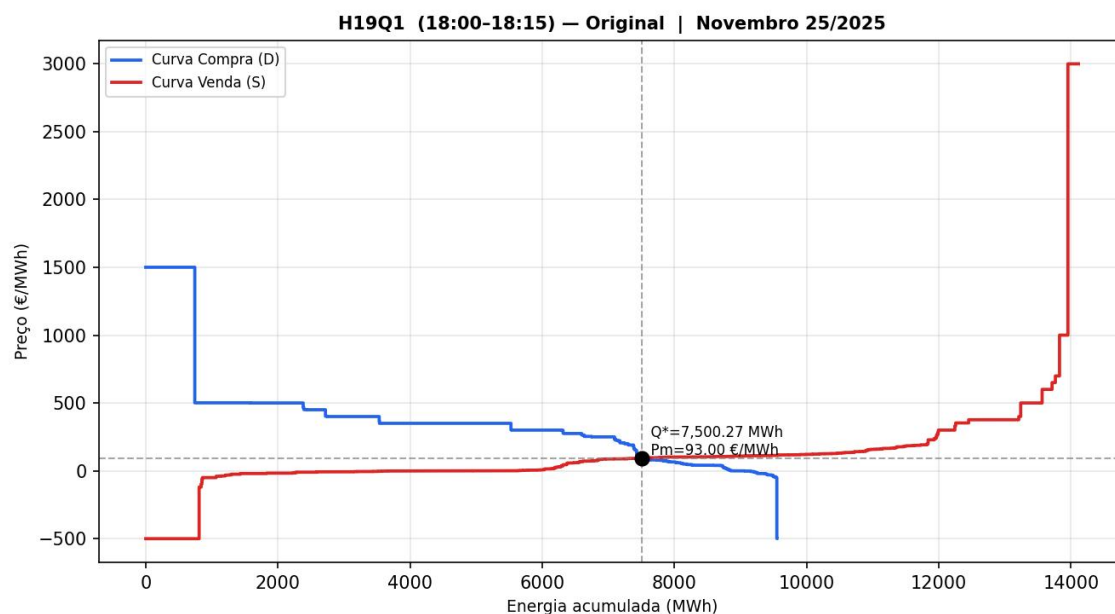


Figura 5.5: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q1 originais

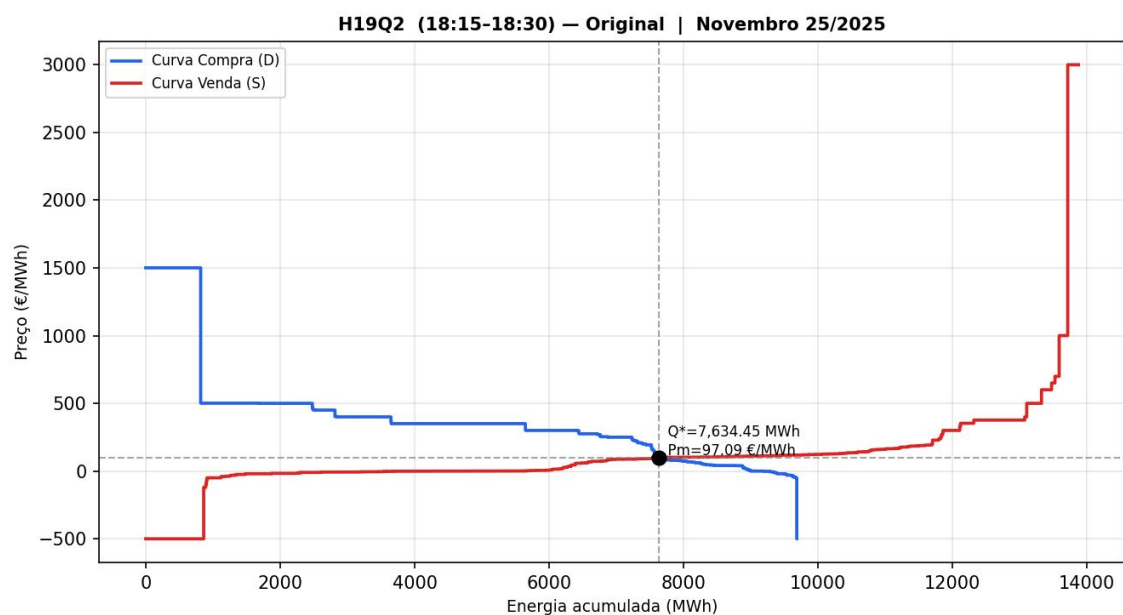


Figura 5.6: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q2 originais



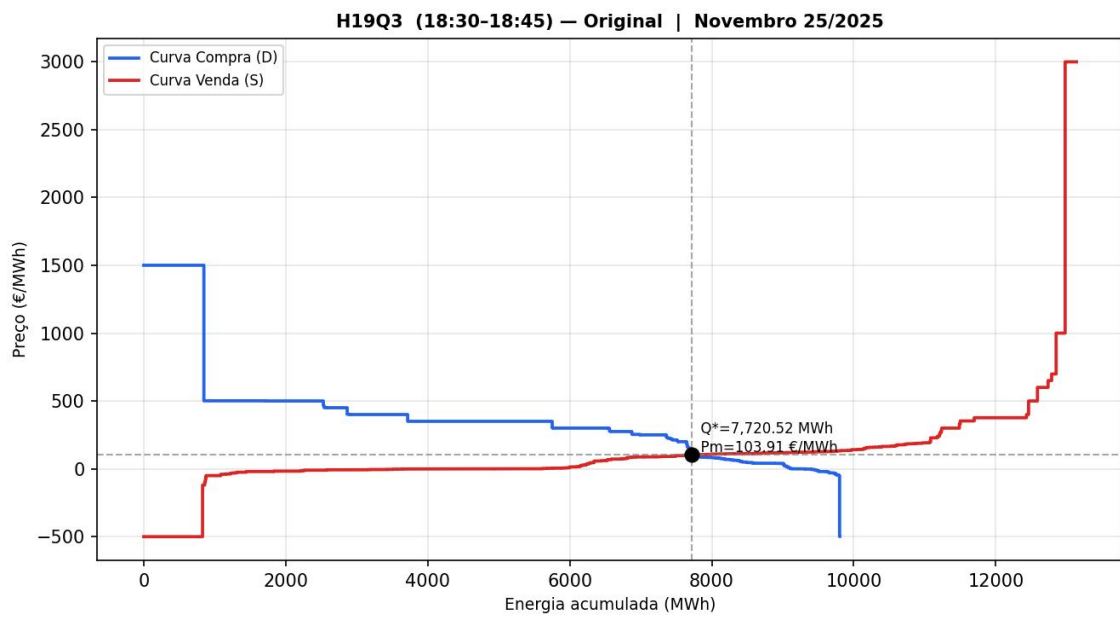


Figura 5.7: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q3 originais

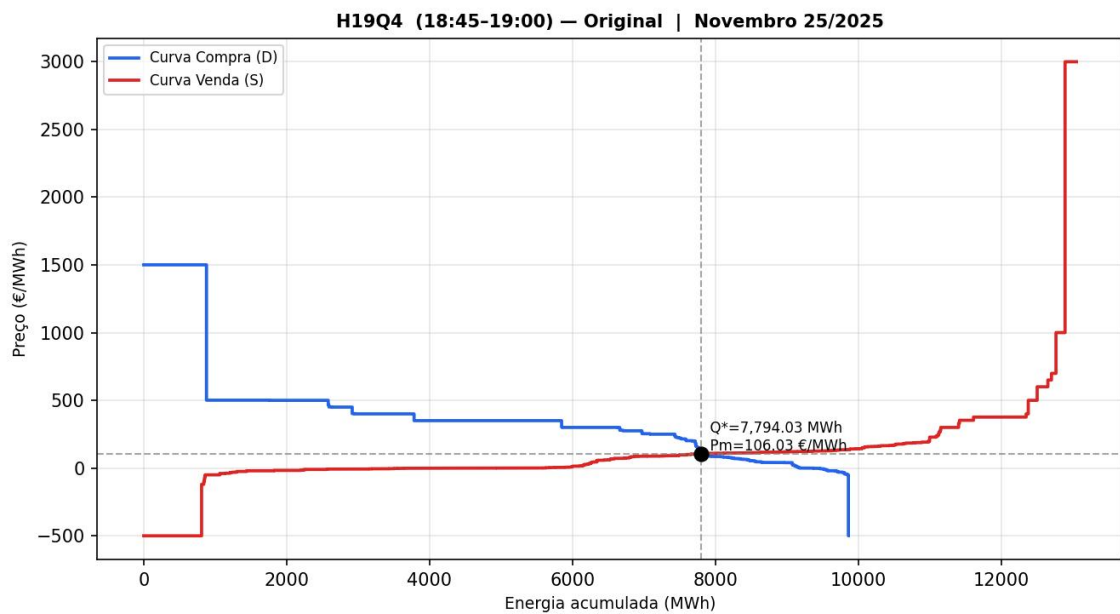


Figura 5.8: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q4 originais

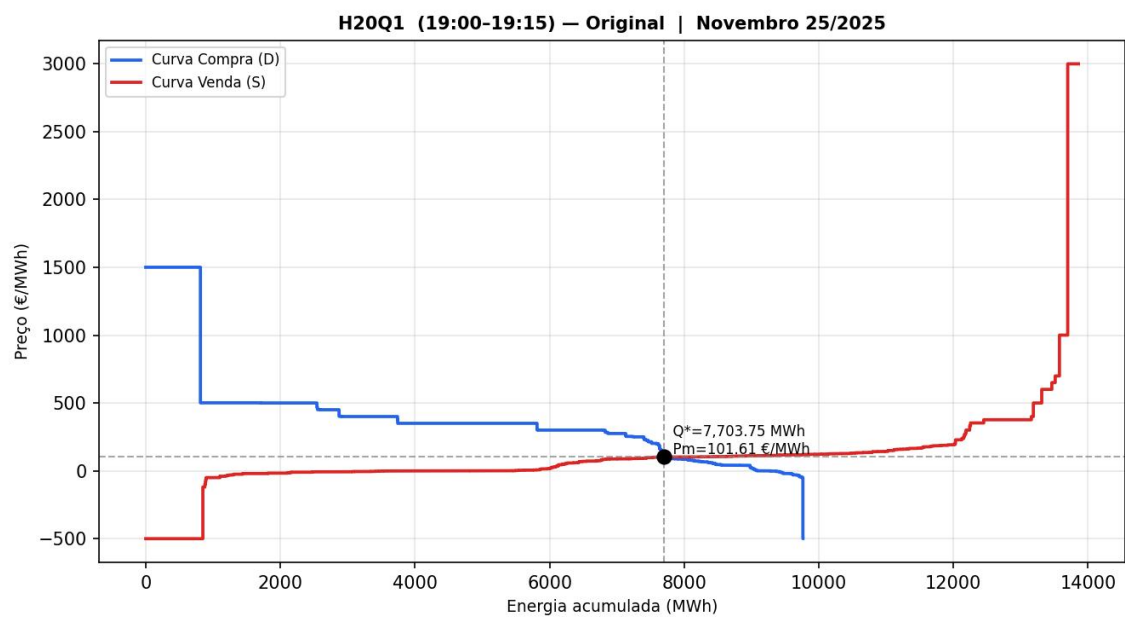


Figura 5.9: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q1 originais

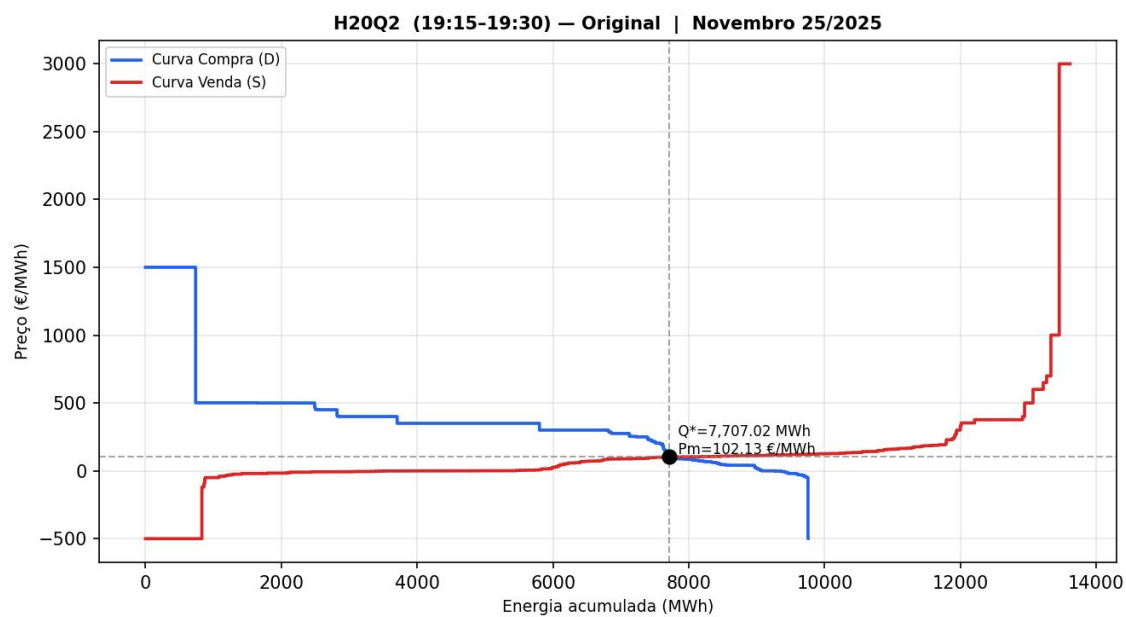


Figura 5.10: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q2 originais

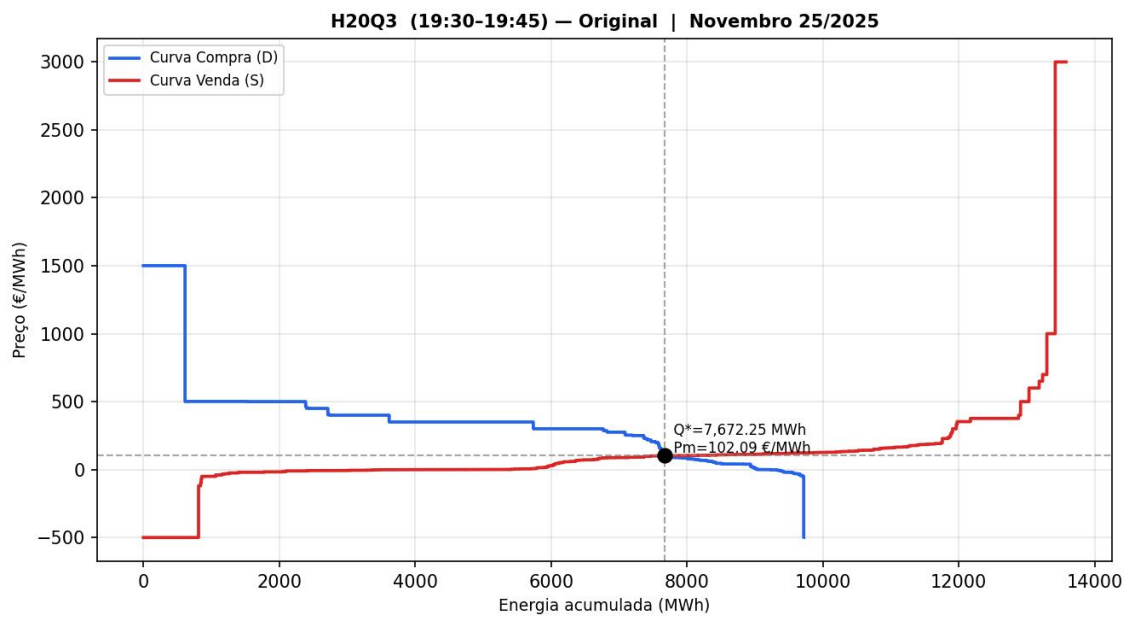


Figura 5.11: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q3 originais

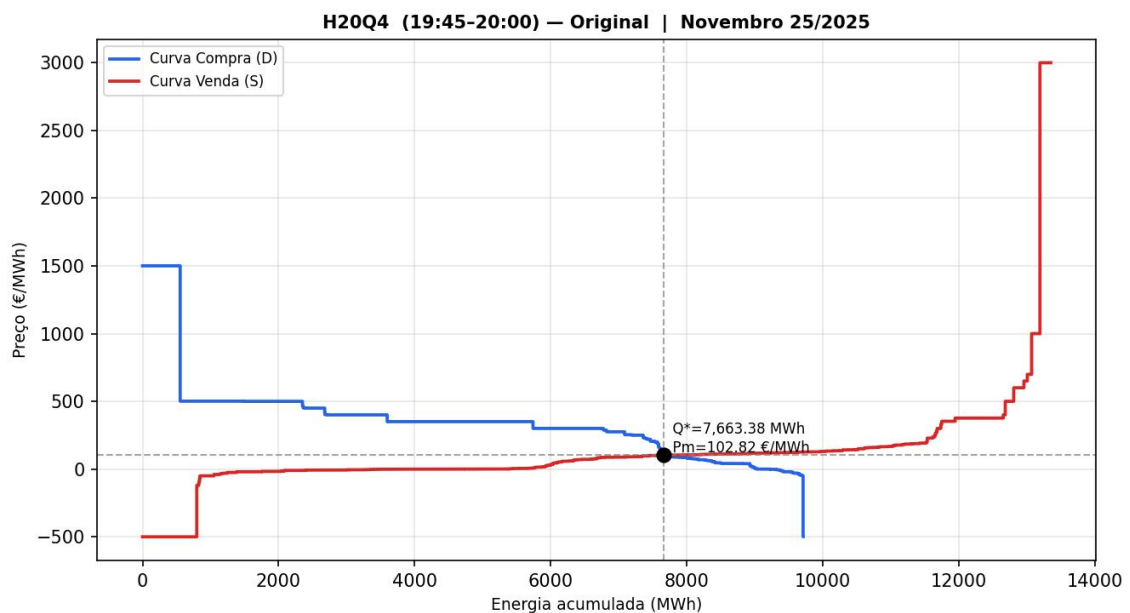


Figura 5.12: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q4 originais

Ao aplicar uma redução de 5% na energia transacionada das 20h obtemos os seguintes resultados.

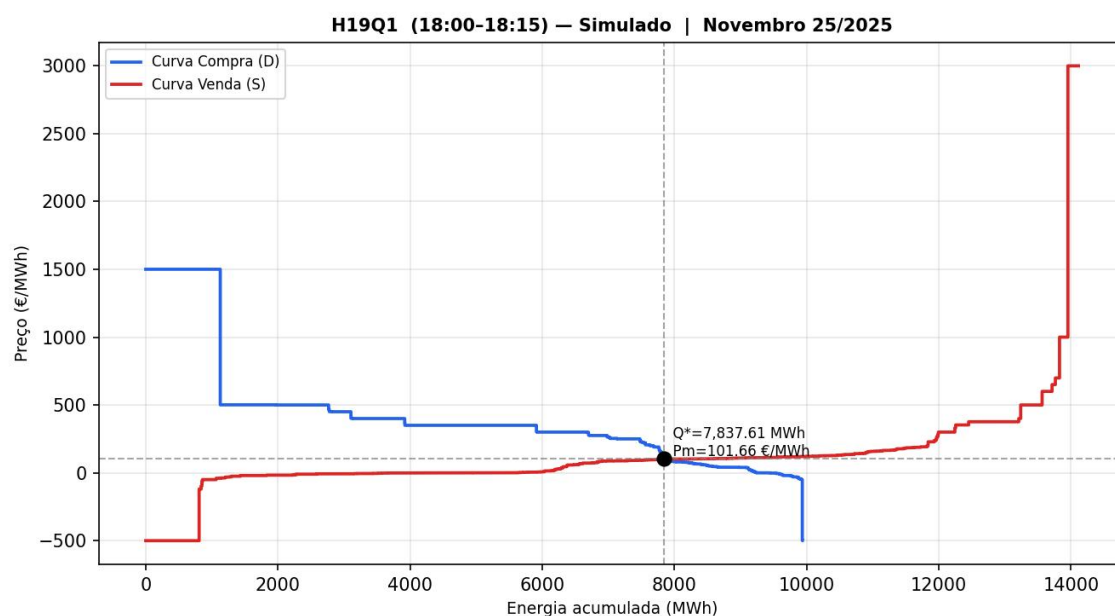


Figura 5.13: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q1 simulado

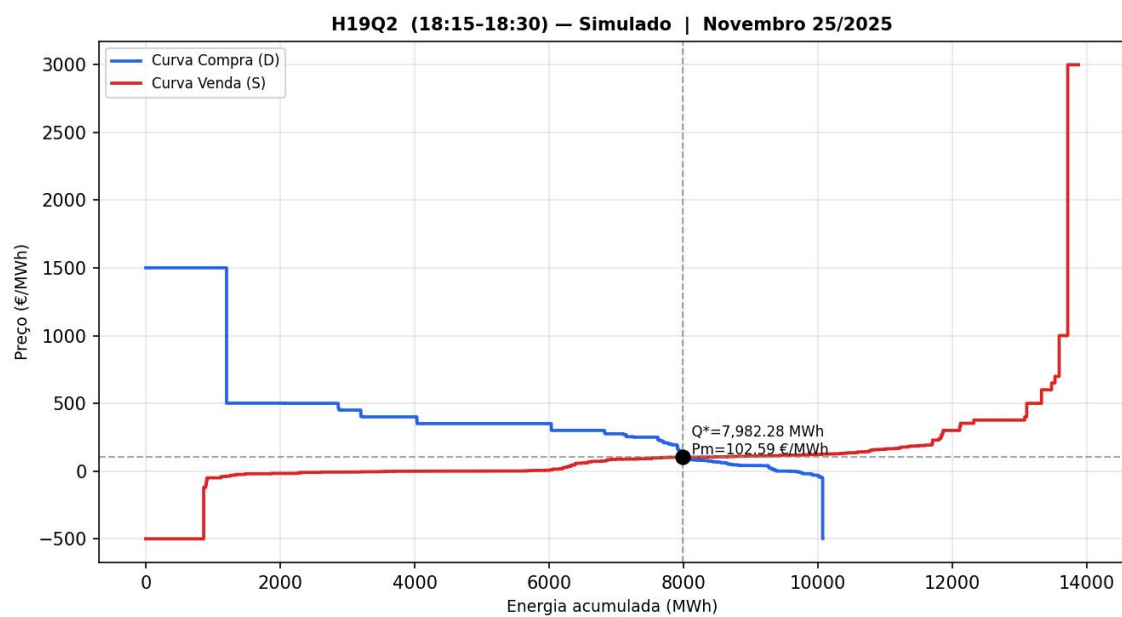


Figura 5.14: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q2 simulado

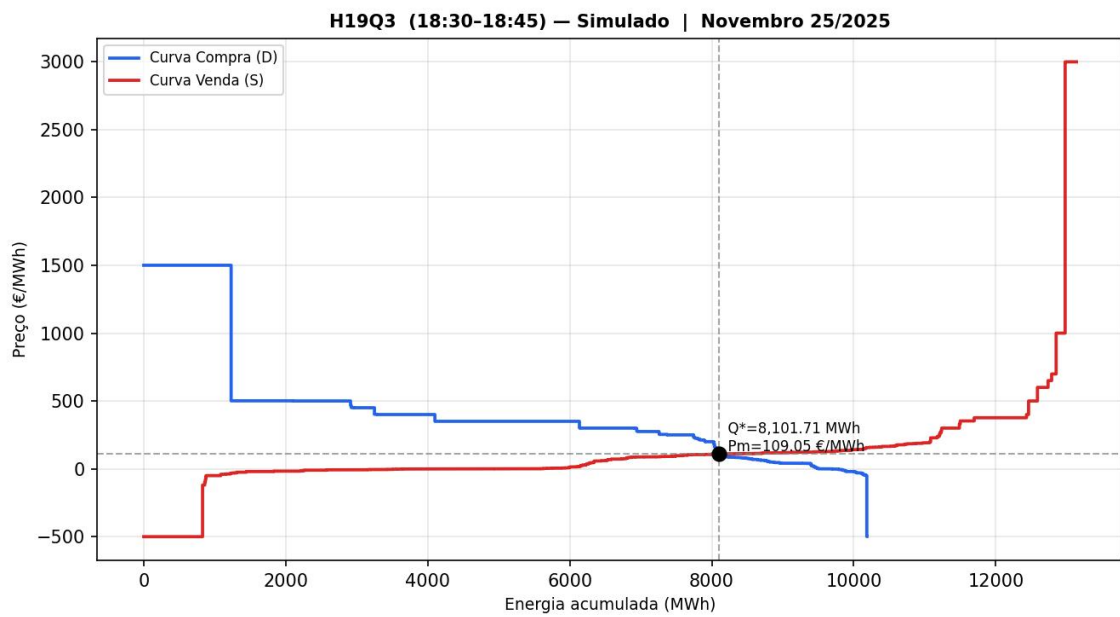


Figura 5.15: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q3 simulado

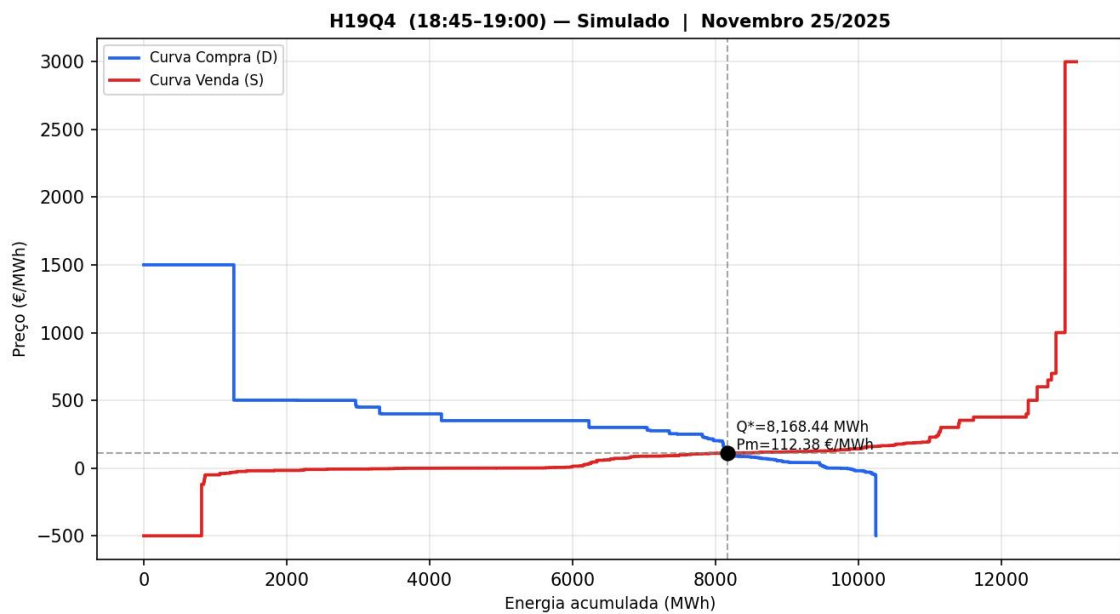


Figura 5.16: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q4 simulado

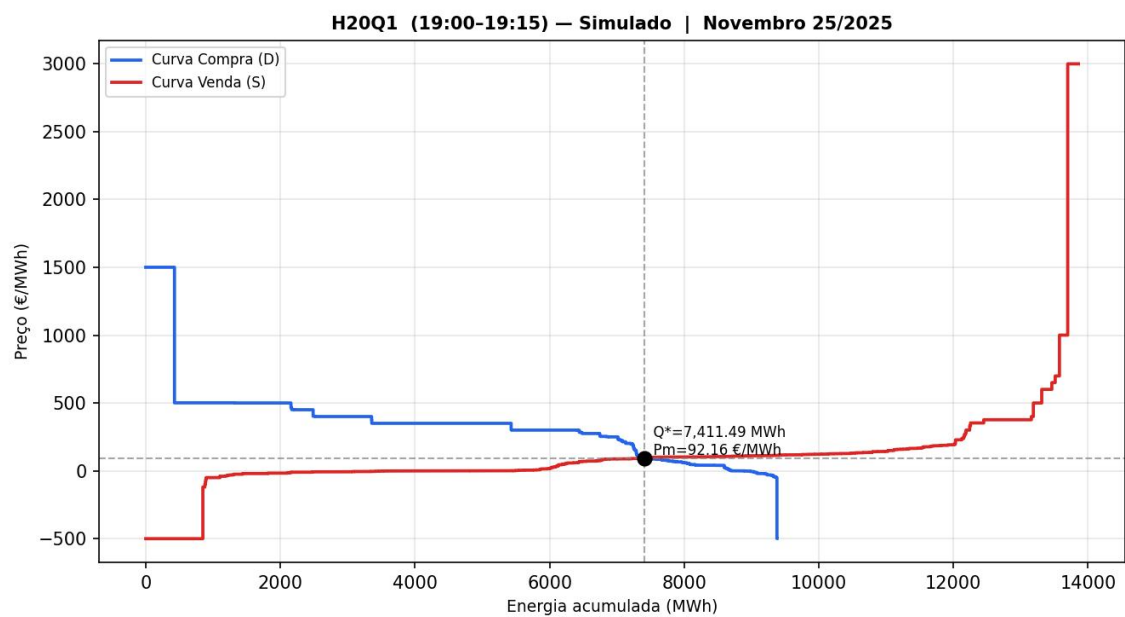


Figura 5.17: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q1 simulado

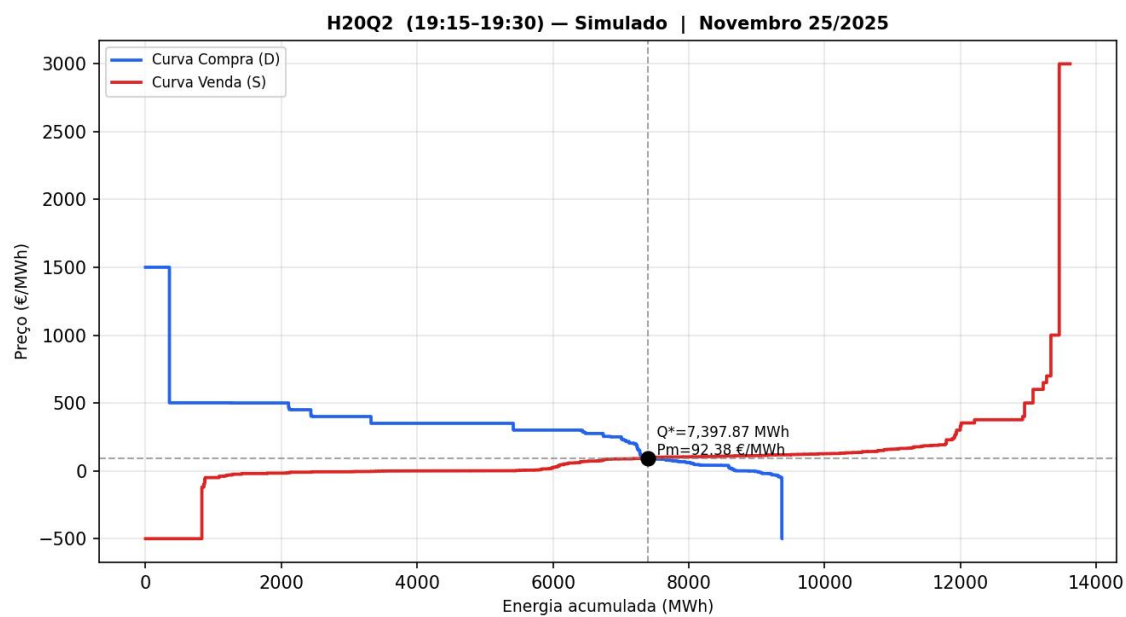


Figura 5.18: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q2 simulado

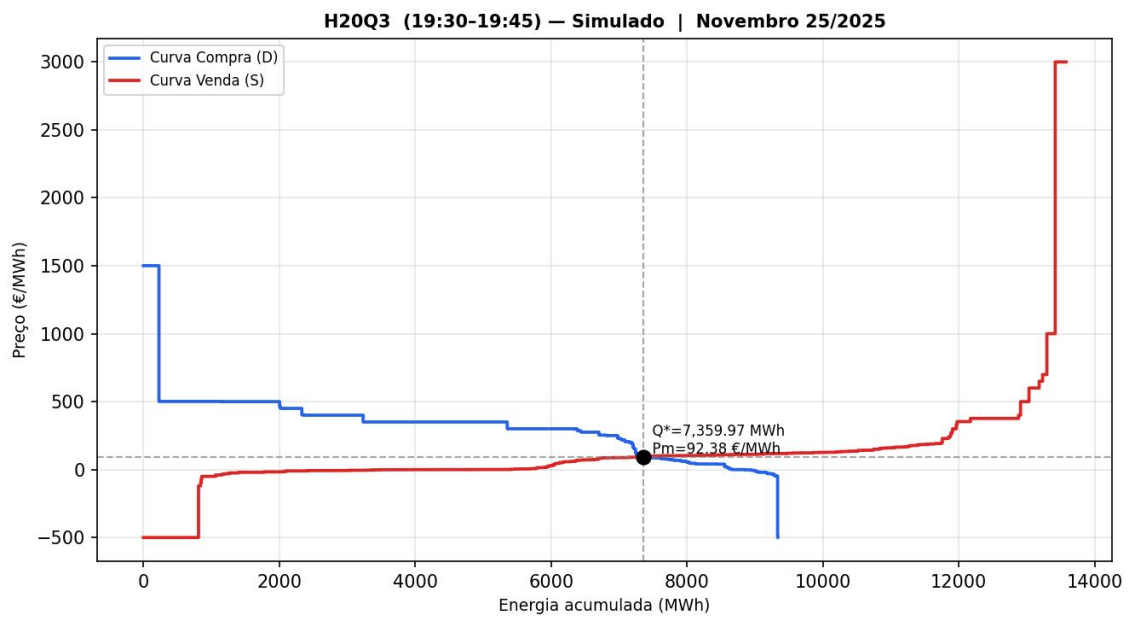


Figura 5.19: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q3 simulado

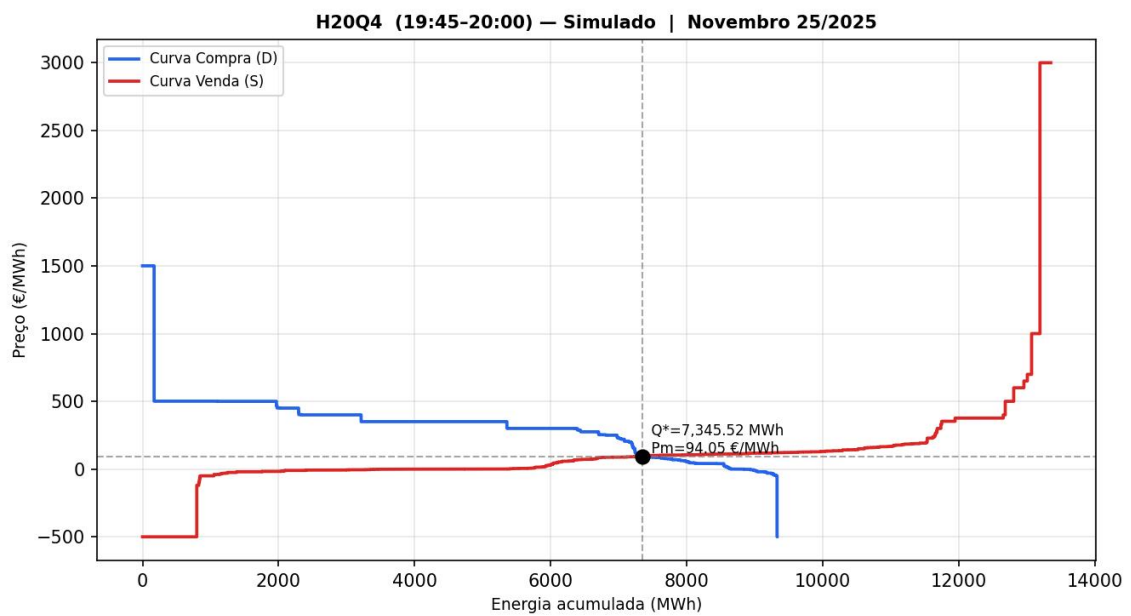


Figura 5.20: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q4 simulado

Tabela 5.5: Resultados simulados do dia 25 de novembro

| Períodos | Potência (MW) | Energia (MWh) | Preço Marginal (€/MWh) | Função de Benefício (€) |
|----------|---------------|---------------|------------------------|-------------------------|
| H19Q1    | 31 350,44     | 7 837,61      | 101,66                 | 4 519 149,70            |
| H19Q2    | 31 929,12     | 7 982,28      | 102,59                 | 4 670 639,16            |
| H19Q3    | 32 406,84     | 8 101,71      | 109,05                 | 4 714 150,29            |
| H19Q4    | 32 673,76     | 8 168,44      | 112,38                 | 4 763 068,53            |
| H20Q1    | 29 645,96     | 7 411,49      | 92,16                  | 3 620 468,70            |
| H20Q2    | 29 591,48     | 7 397,87      | 92,38                  | 3 524 769,90            |
| H20Q3    | 29 439,88     | 7 359,97      | 92,38                  | 3 363 654,14            |
| H20Q4    | 29 382,08     | 7 345,52      | 94,05                  | 3 290 057,47            |



Os resultados revelam um padrão consistente ao longo dos quatro quartos de hora: os preços marginais na hora 19 aumentaram em todos os intervalos, com variações que oscilaram entre 8,66 €/MWh (Q1) e 6,34 €/MWh (Q4), enquanto a hora 20 registou reduções de preço compreendidas entre 9,45 €/MWh (Q1) e 8,77 €/MWh (Q4). Um ponto observável nesta simulação é o facto dos preços marginais estarem menos aproximados, indicando um afastamento do equilíbrio de preços que se procura quando se realizam estas trocas.

Tabela 5.6: Comparação dos resultados da Função de Benefício Social do dia 25 de novembro

| Cenário  | Função de Benefício Social (€) |
|----------|--------------------------------|
| Original | 32 472 418,67                  |
| Simulado | 32 465 957,89                  |

A Função de Benefício Social total para as duas horas sofreu, contudo, uma ligeira redução de 6 460,78 € (0,02%), que confirma que neste dia específico a transferência de consumo não gera benefícios para o mercado. Isto deve-se à perda de área geométrica das curvas agregadas nos períodos da simulação, uma vez que a área que se perde na hora 20 é maior do que a área que se ganha na hora 19, visto que as curvas nesse dia têm uma inclinação que penaliza a injeção adicional de energia.

Ao cruzar este resultado com o sucesso obtido na simulação do dia 10 de março (aumento de 7,97%), este resultado torna-se particularmente relevante, pois sugere que o impacto da flexibilidade é sensível ao perfil de mercado do dia: avaliando a variação do Benefício Social não depende apenas do diferencial de preço *a priori* nem do equilíbrio final dos preços — depende da forma local das curvas de oferta e procura (a sua elasticidade) em cada hora específica. Num cenário de curvas muito acentuadas (inelásticas), o agravamento do preço na hora de destino pode superar as poupanças obtidas, provando que a ativação da flexibilidade exige uma análise rigorosa aos sinais de mercado.

## 5.2.2 Análise de 3 horas

### 5.2.2.1 13 de maio

A Tabela 5.6 representa os valores originais do dia 13 de maio às 19h, 20h e 21h. De seguida as Figuras 5.21 a 5.23 apresentam as curvas agregadas da oferta e procura de cada quarto de hora.

Tabela 5.7: Resultados originais do dia 13 de maio

| Horas | Energia (MWh) | Preço Marginal (€/MWh) | Função de Benefício Social (€) |
|-------|---------------|------------------------|--------------------------------|
| 19    | 27 118,30     | 24,73                  | 13 148 570,30                  |
| 20    | 28 475,40     | 34,28                  | 14 644 633,18                  |
| 21    | 27 187,20     | 92,84                  | 11 920 804,42                  |

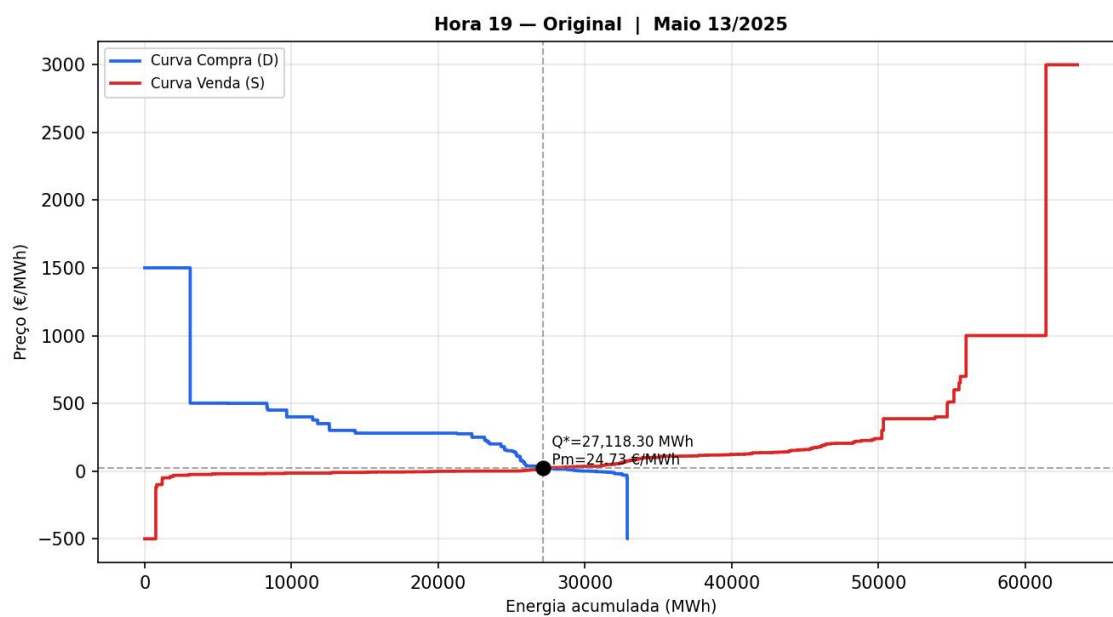


Figura 5.21: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 19 originais

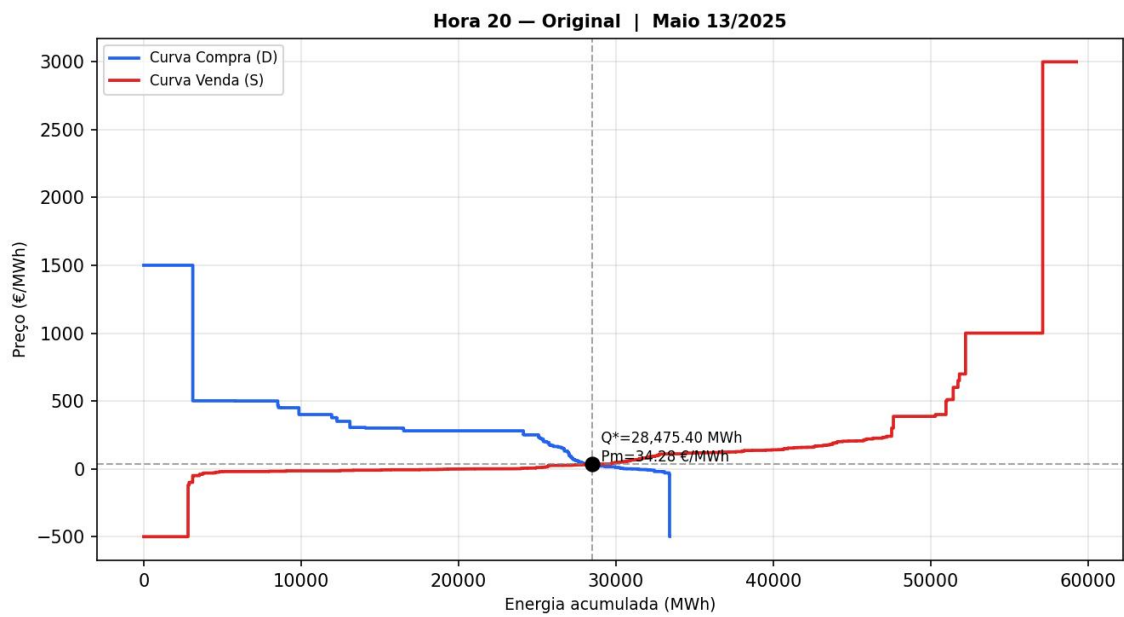


Figura 5.22: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 20 originais

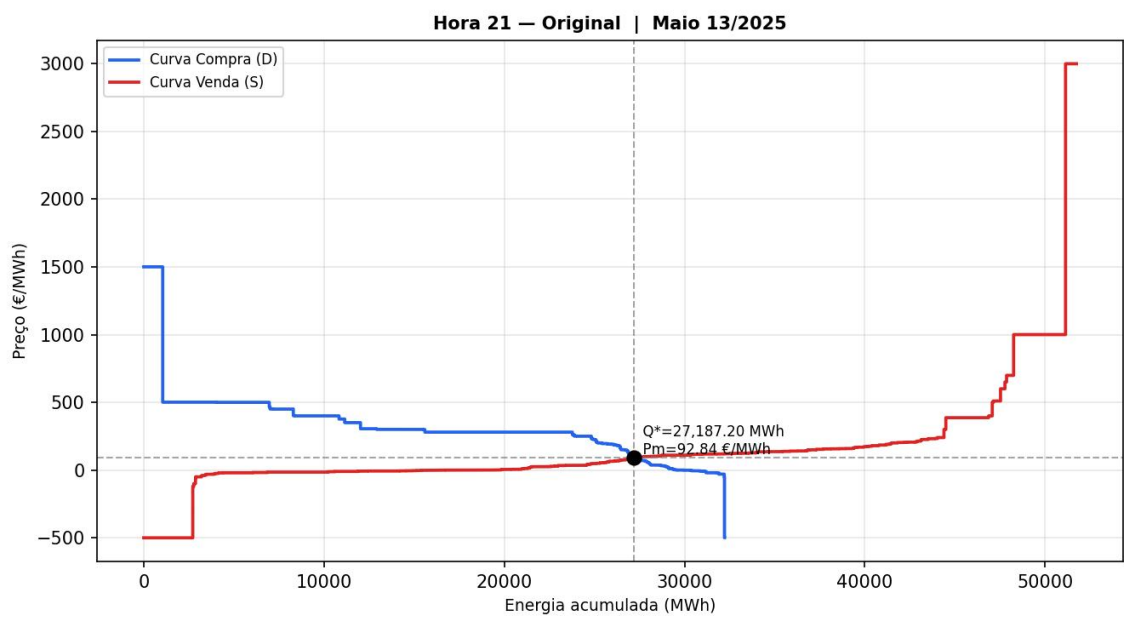


Figura 5.23: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 21 originais

Uma vez que este estudo se realiza com 3 horas de interesse, ao aplicar uma redução de 10% na energia transacionada das 21h, a energia é então dividida em duas partes iguais e distribuída para as outras horas, obtendo os resultados que se apresentam em seguida.

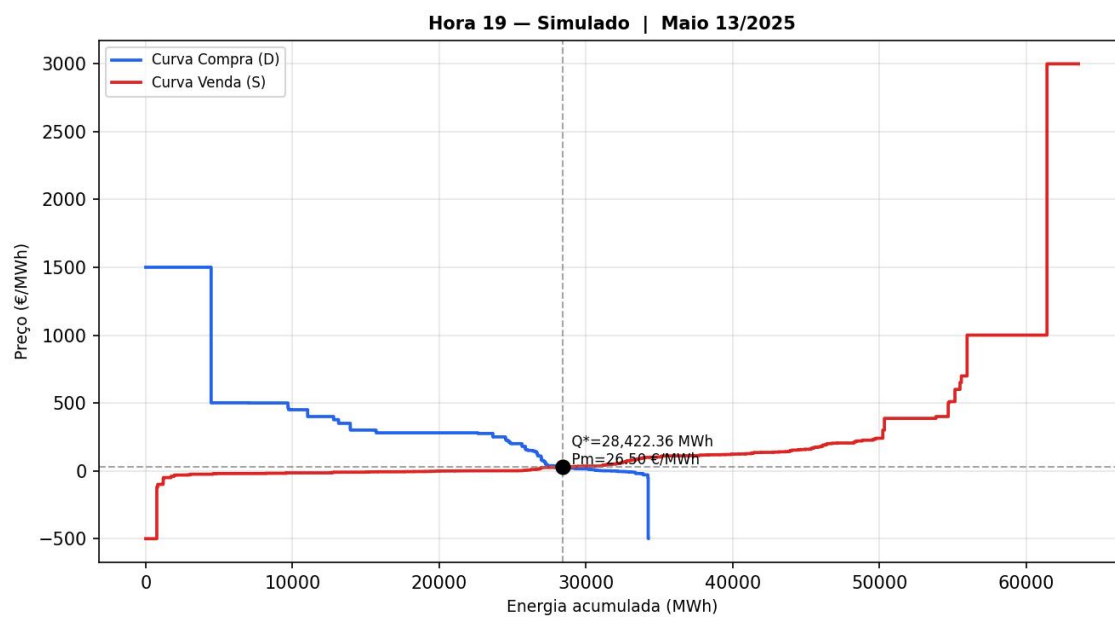


Figura 5.24: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 19 simulada

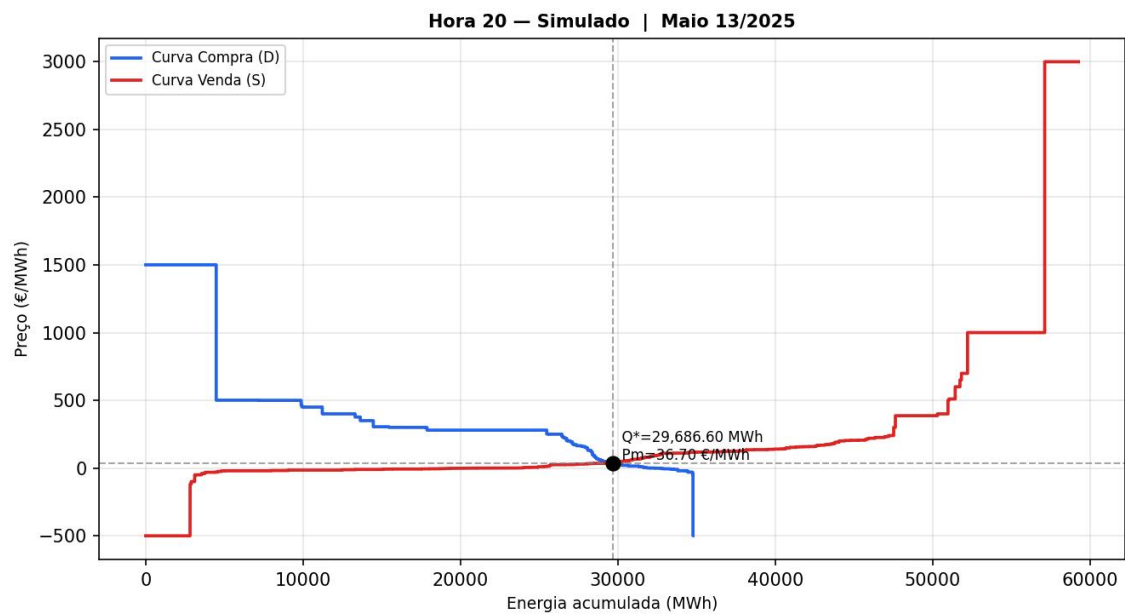


Figura 5.25: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 20 simulada

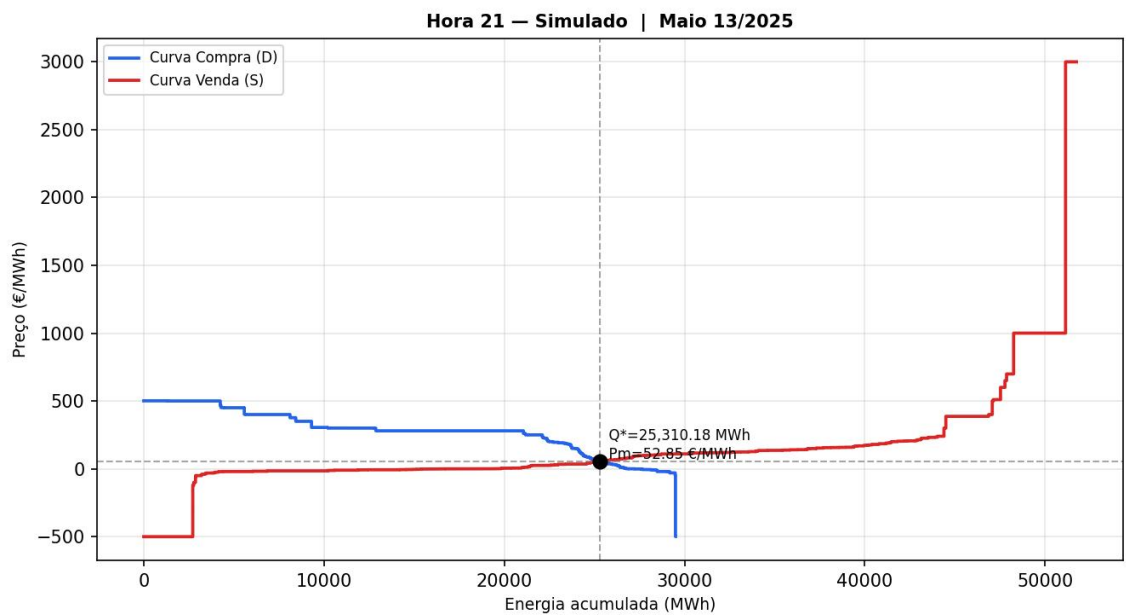


Figura 5.26: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 21 simulada

Tabela 5.8: Resultados simulados do dia 13 de maio

| Horas | Energia (MWh) | Preço Marginal (€/MWh) | Função de Benefício Social (€) |
|-------|---------------|------------------------|--------------------------------|
| 19    | 28 422,36     | 26,95                  | 15 152 883,84                  |
| 20    | 29 686,60     | 36,70                  | 16 635 773,07                  |
| 21    | 25 310,18     | 52,85                  | 9 700 843,82                   |

A análise de três horas adjacentes referente ao dia 13 de maio introduz uma dimensão adicional à simulação: a energia retirada da hora de ponta (na hora 21, com preço marginal de 92,84 €/MWh) é distribuída igualmente pelas horas 19 e 20, que apresentavam preços substancialmente mais baixos (24,73 e 34,28 €/MWh, respetivamente). O diferencial de preço elevado entre a hora de origem e as horas de destino cria condições favoráveis para um ganho significativo de Benefício Social.

Tabela 5.9: Comparação dos resultados da Função de Benefício Social do dia 13 de maio

| Cenário  | Função de Benefício Social (€) |
|----------|--------------------------------|
| Original | 39 714 007,90                  |
| Simulado | 41 489 500,73                  |

Com efeito, o aumento registado foi de 1 775 492,83 €, correspondente a um aumento de 4,47%, confirmando que quanto maior o diferencial de preço entre as horas envolvidas, mais expressivo é o impacto da flexibilidade no valor da Função de Benefício Social. Note-se ainda que, apesar de a hora 21 ter registado uma redução de preço de 39,99 €/MWh (de 92,84 para 52,85 €/MWh), as horas 19 e 20 mantiveram preços reduzidos, o que reflete a elasticidade das curvas de oferta nesse dia.

#### **5.2.2.2 6 de Dezembro**

A Tabela 5.10 representa os valores originais do dia 6 de dezembro nas horas 19, 20 e 21. De seguida as Figuras 5.27 a 5.38 apresentam as curvas agregadas da oferta e procura de cada quarto de hora.

Tabela 5.10: Resultados originais do dia 6 de dezembro

| <b>Períodos</b> | <b>Potência (MW)</b> | <b>Energia (MWh)</b> | <b>Preço Marginal (€/MWh)</b> | <b>Função de Benefício (€)</b> |
|-----------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| H19Q1           | 29 016,92            | 7 254,23             | 54,93                         | 3 243 344,81                   |
| H19Q2           | 29 056,16            | 7 264,04             | 57,72                         | 3 252 802,24                   |
| H19Q3           | 29 181,80            | 7 295,68             | 61,22                         | 3 265 146,68                   |
| H19Q4           | 28 988,00            | 7 247,20             | 68,01                         | 3 239 556,24                   |
| H20Q1           | 29 400,12            | 7 350,12             | 61,66                         | 3 352 897,14                   |
| H20Q2           | 29 380,72            | 7 345,18             | 63,58                         | 3 361 484,89                   |
| H20Q3           | 29 385,40            | 7 346,35             | 66,46                         | 3 371 694,94                   |
| H20Q4           | 29 411,80            | 7 352,95             | 66,72                         | 3 383 973,64                   |
| H21Q1           | 29 588,20            | 7 397,05             | 69,09                         | 3 412 284,52                   |
| H21Q2           | 29 640,48            | 7 410,12             | 69,70                         | 3 420 144,32                   |
| H21Q3           | 29 721,00            | 7 430,25             | 70,78                         | 3 426 590,30                   |
| H21Q4           | 29 683,20            | 7 420,80             | 69,70                         | 3 425 796,99                   |

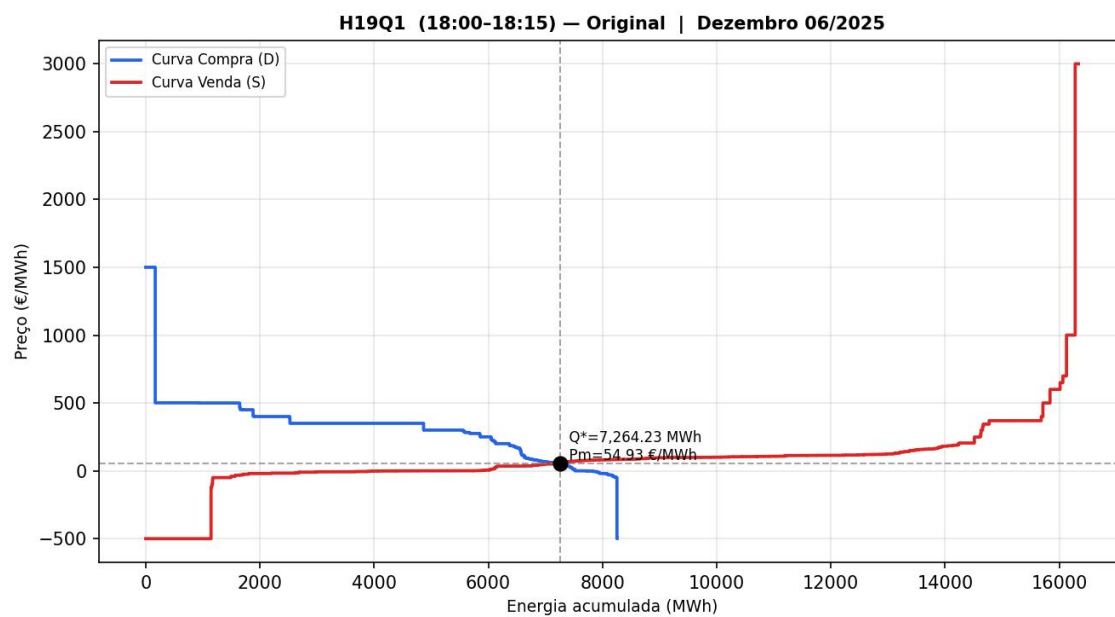


Figura 5.27: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q1 originais

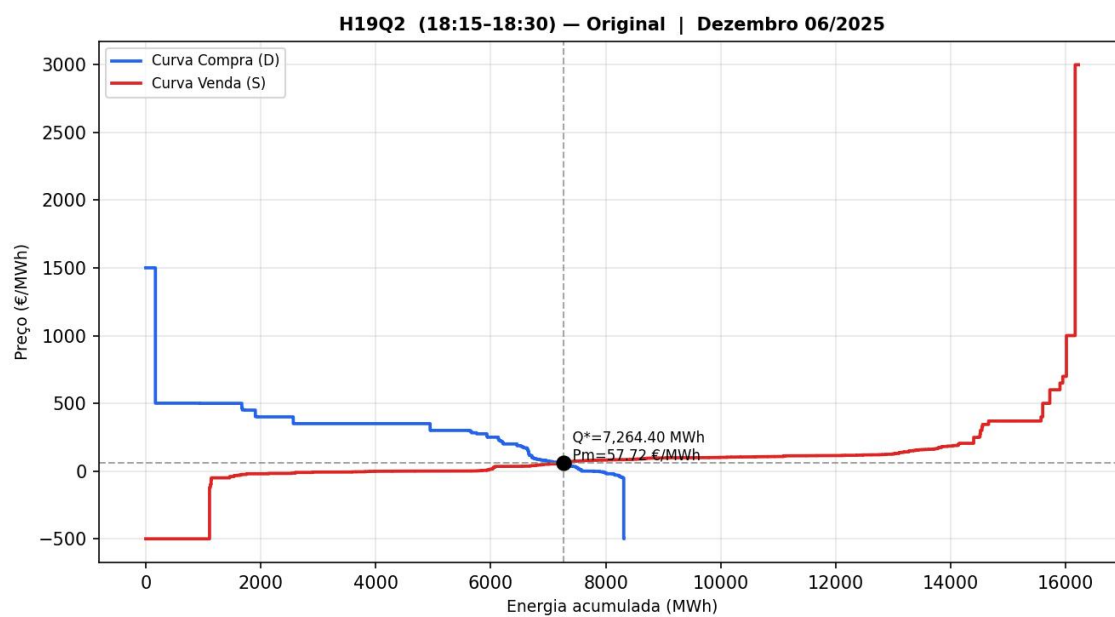


Figura 5.28: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q2 originais



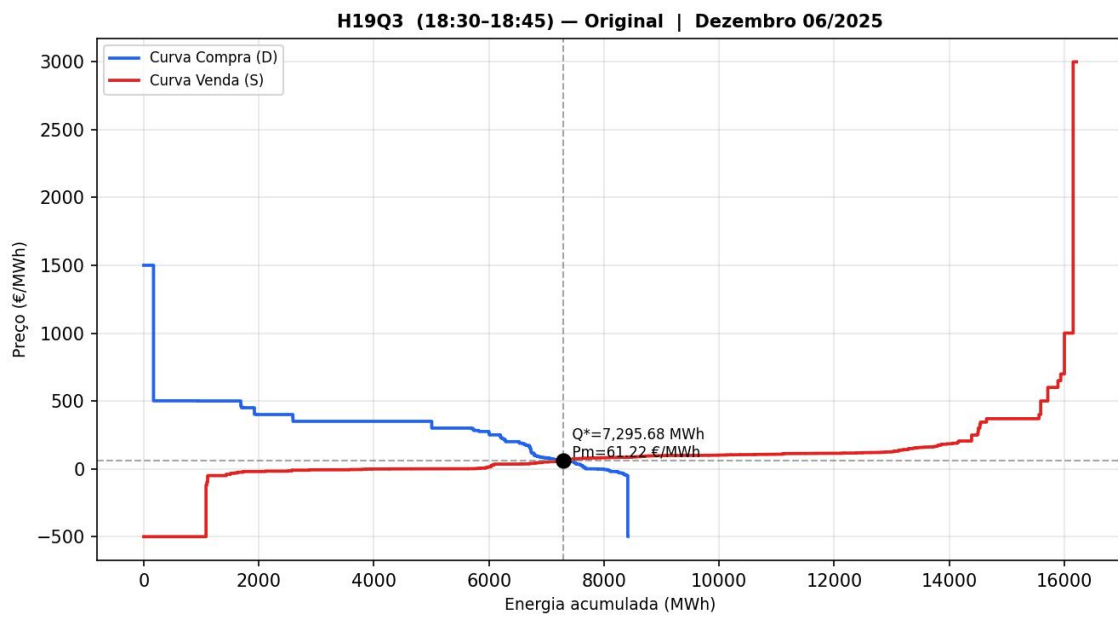


Figura 5.29: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q3 originais

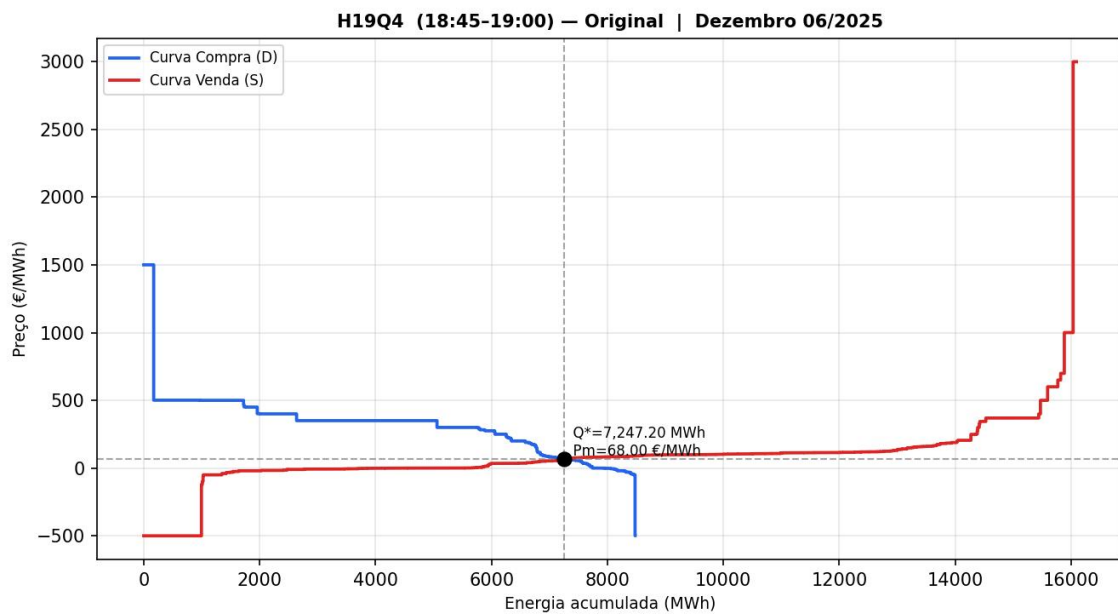


Figura 5.30: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q4 originais

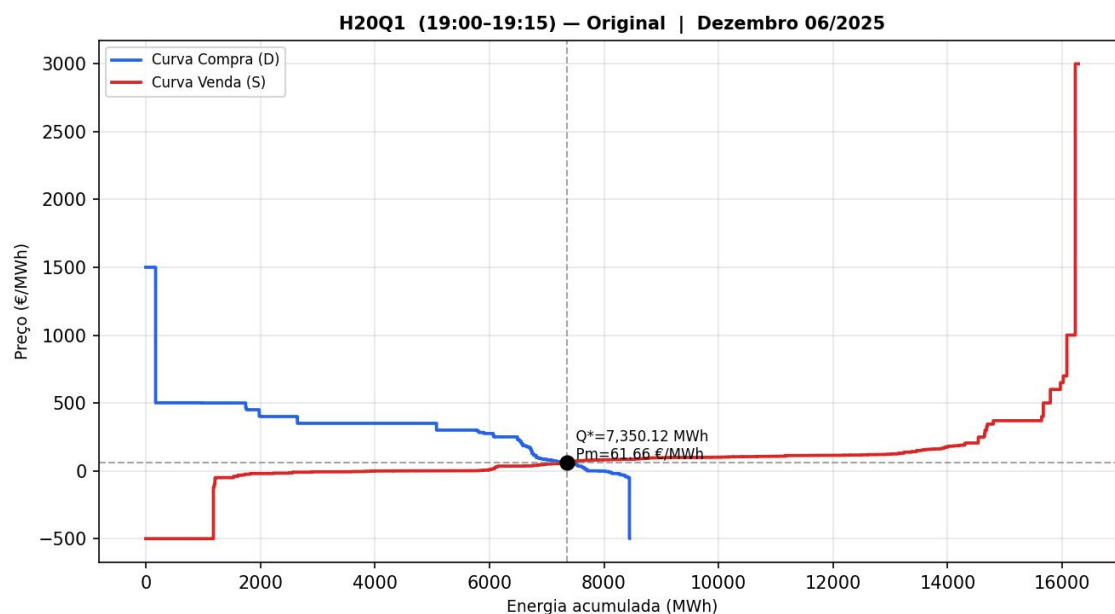


Figura 5.31: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q1 originais

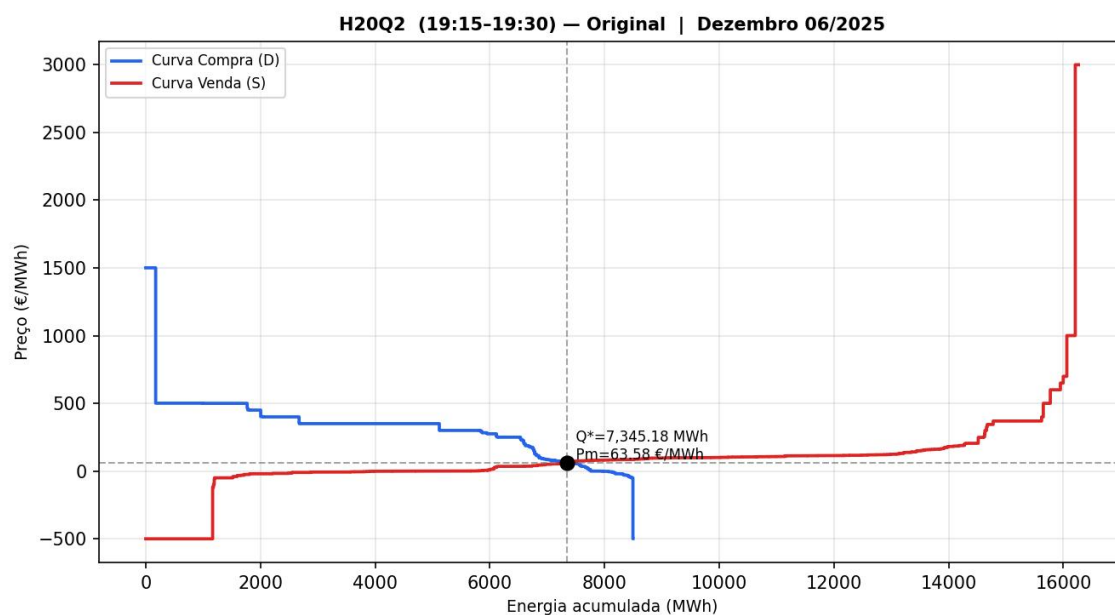


Figura 5.32: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q2 originais

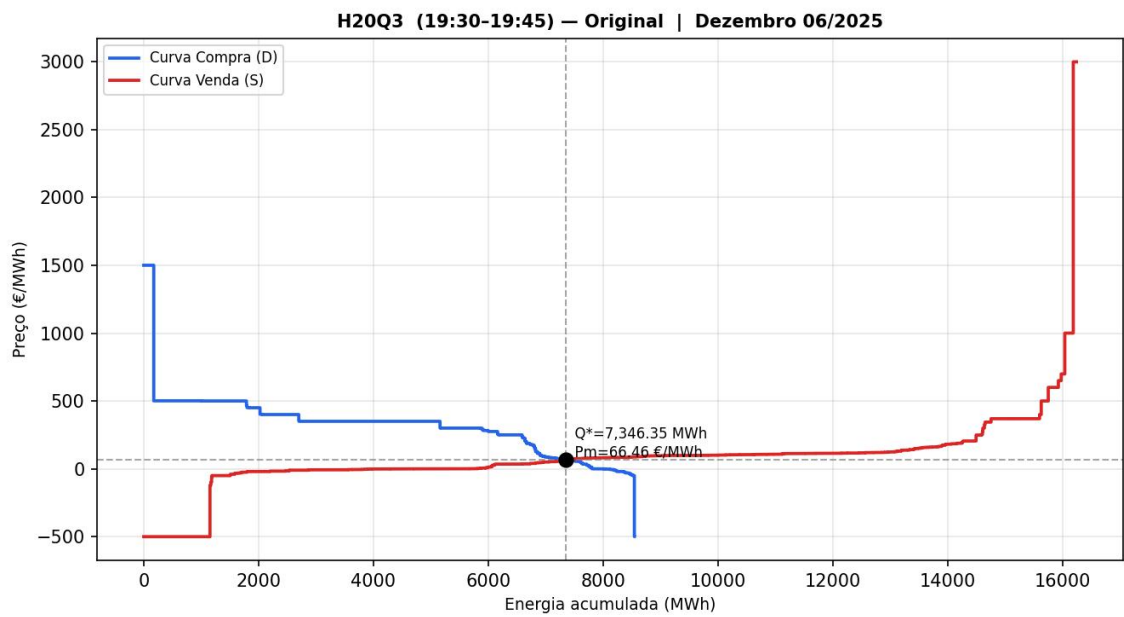


Figura 5.33: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q3 originais

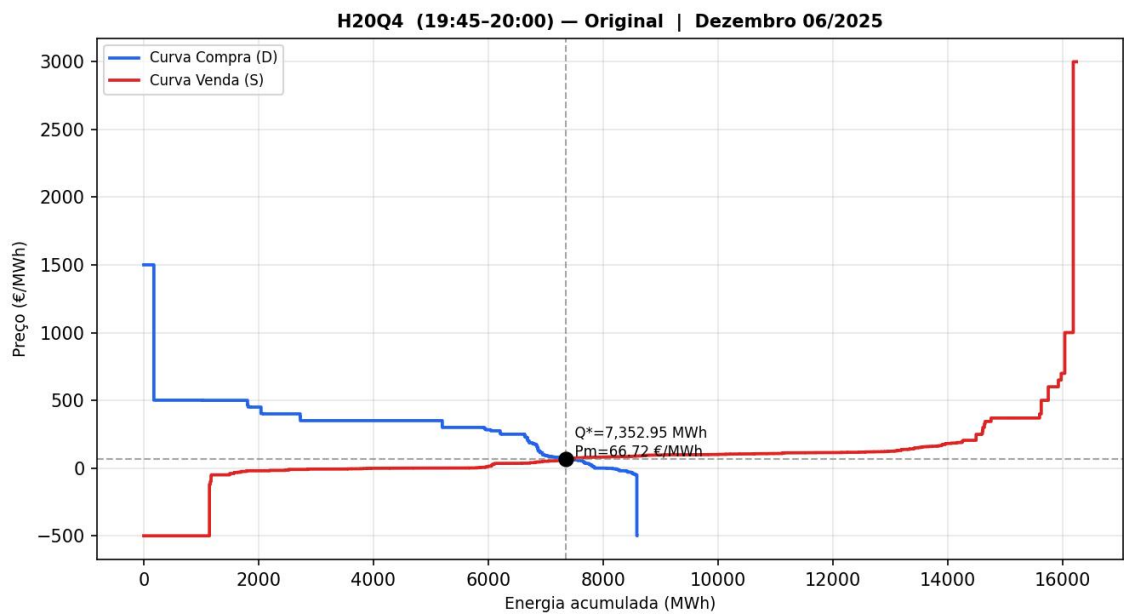


Figura 5.34: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q4 originais

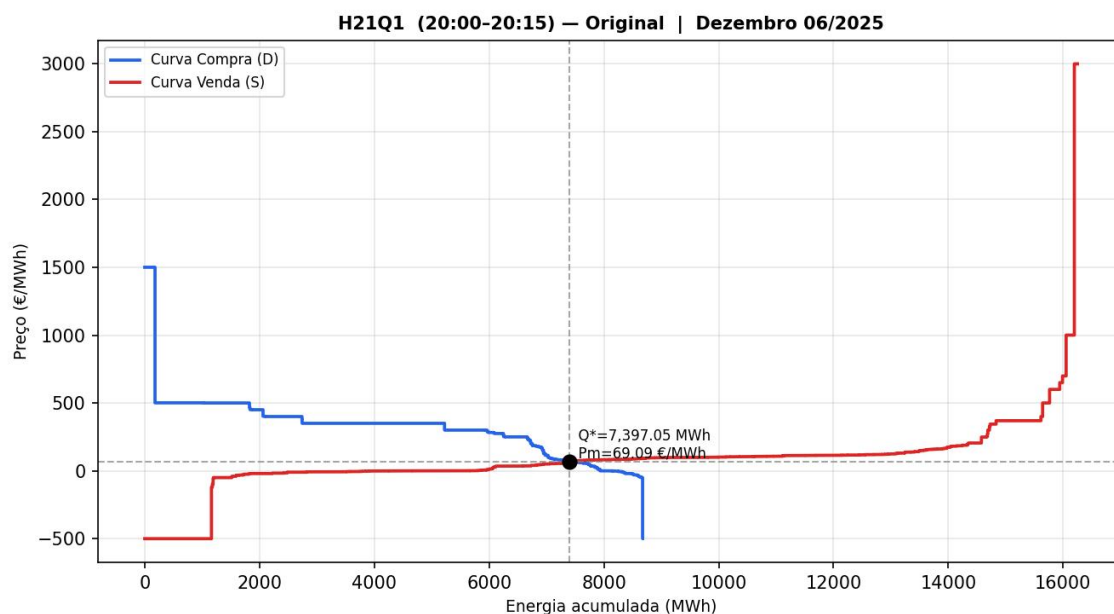


Figura 5.35: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H21Q1 originais

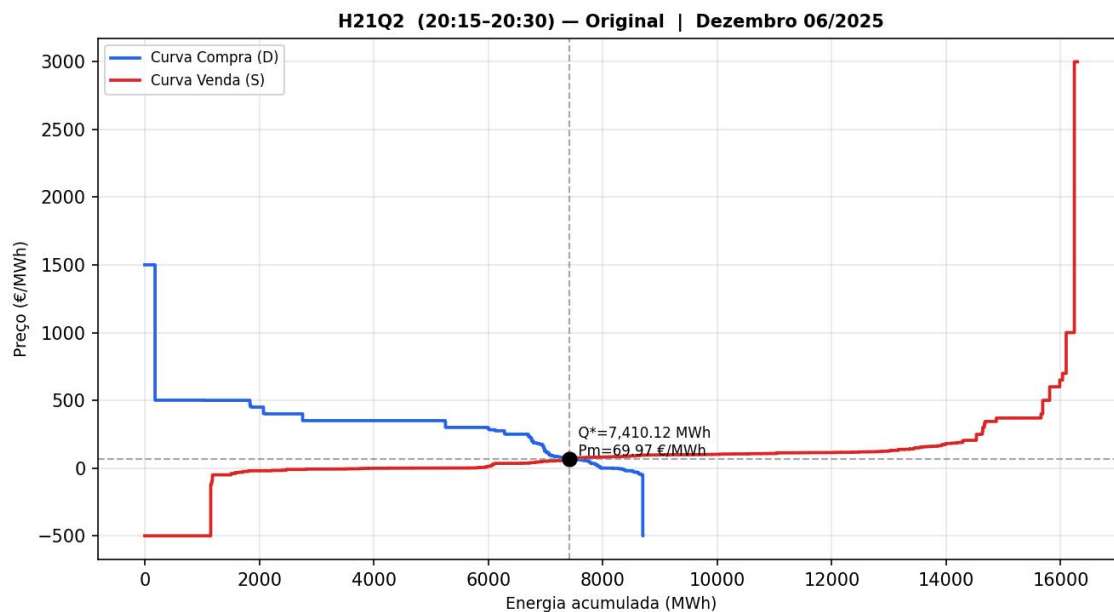


Figura 5.36: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H21Q2 originais

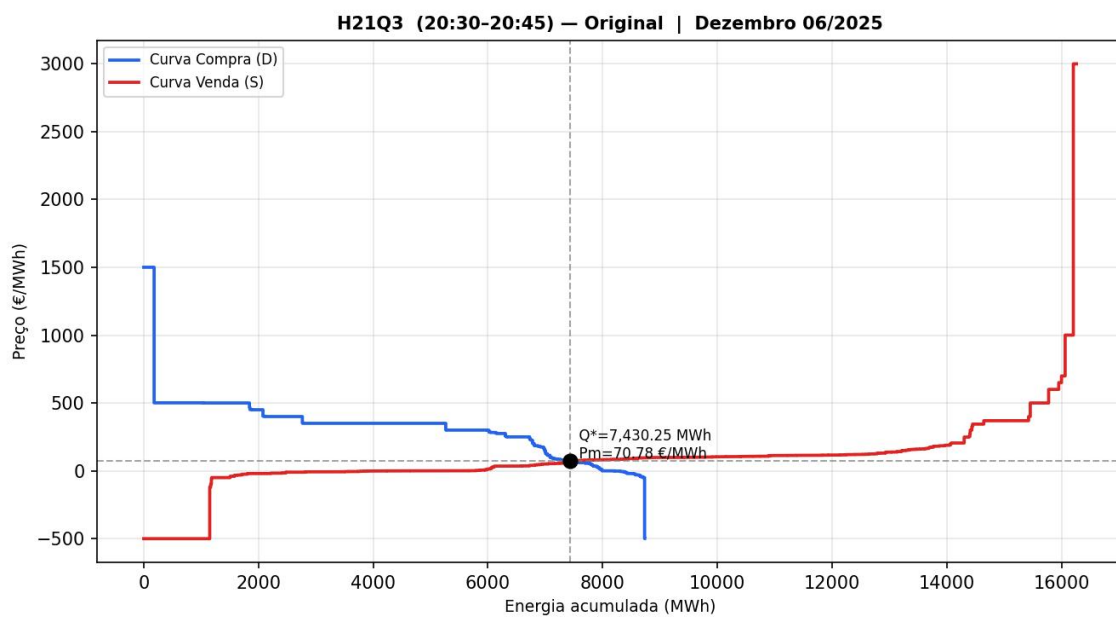


Figura 5.37: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H21Q3 originais

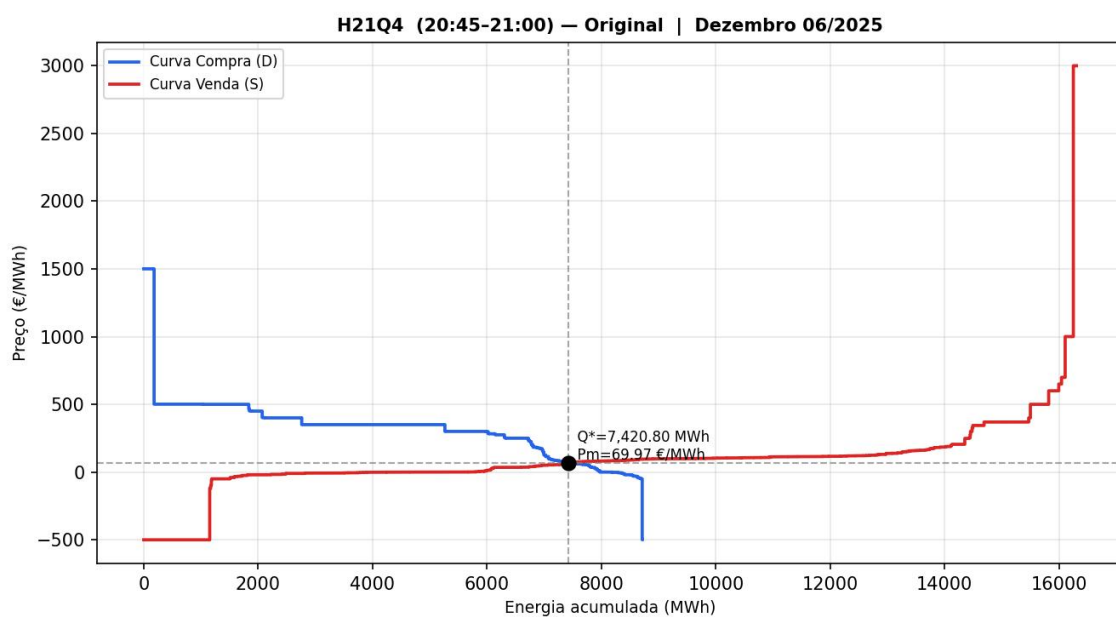


Figura 5.38: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H21Q4 originais

Seguindo a mesma lógica do estudo anterior, ao aplicar uma redução de 10% na energia transacionada em cada quarto da hora 21, a energia é então dividida em duas partes iguais e distribuída para os quartos correspondentes criando transições horárias de energia, obtendo os resultados que se apresentam de seguida.

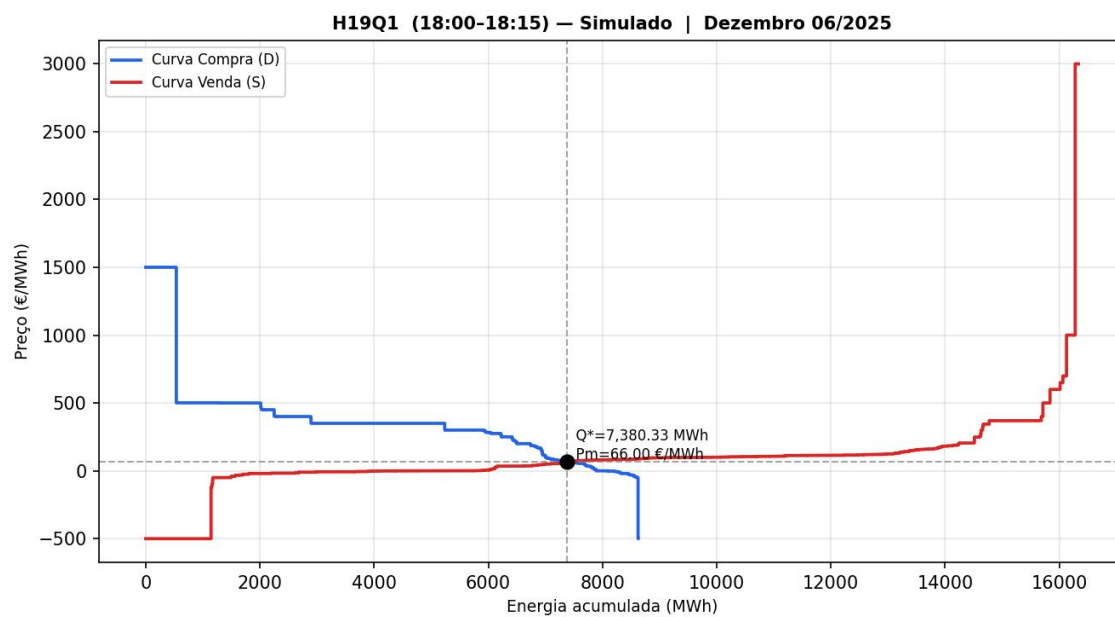


Figura 5.39: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q1 simulado

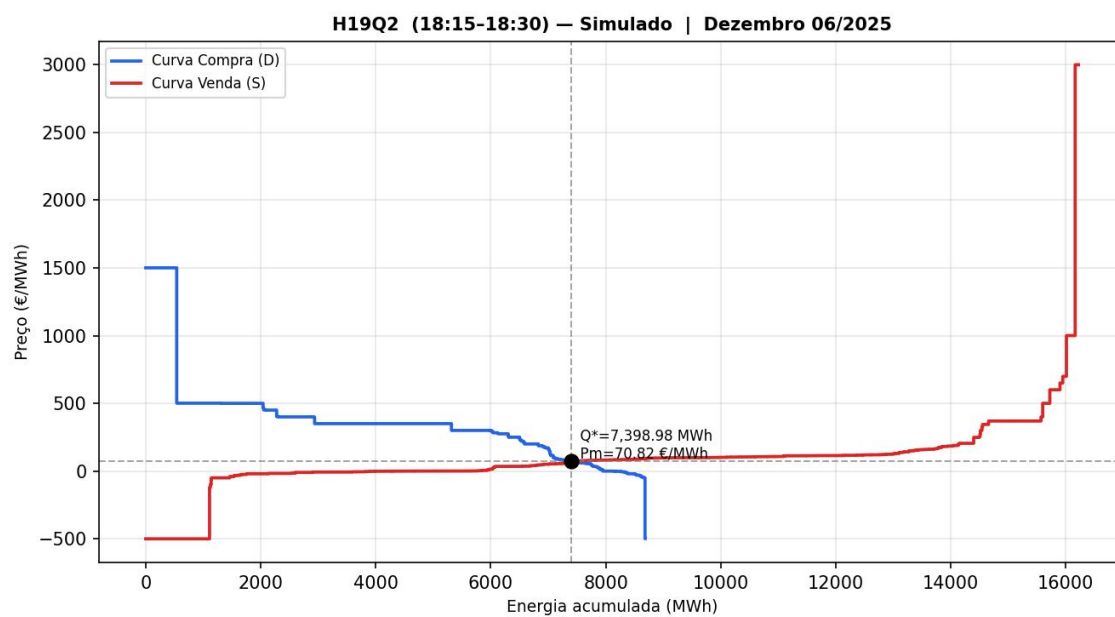


Figura 5.40: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q2 simulado

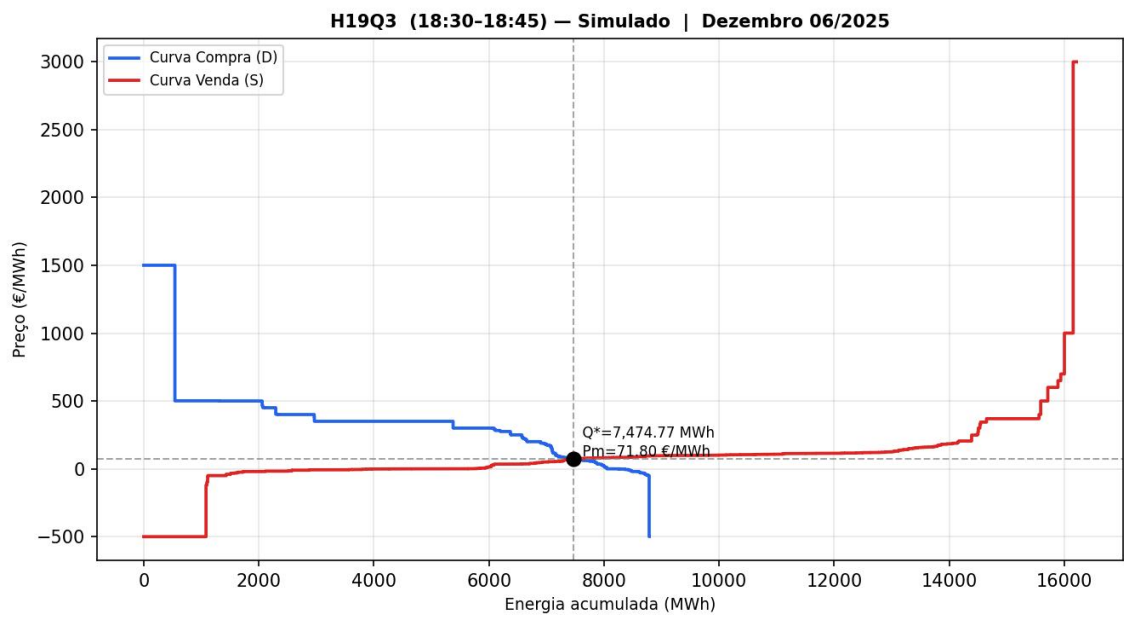


Figura 5.41: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q3 simulado

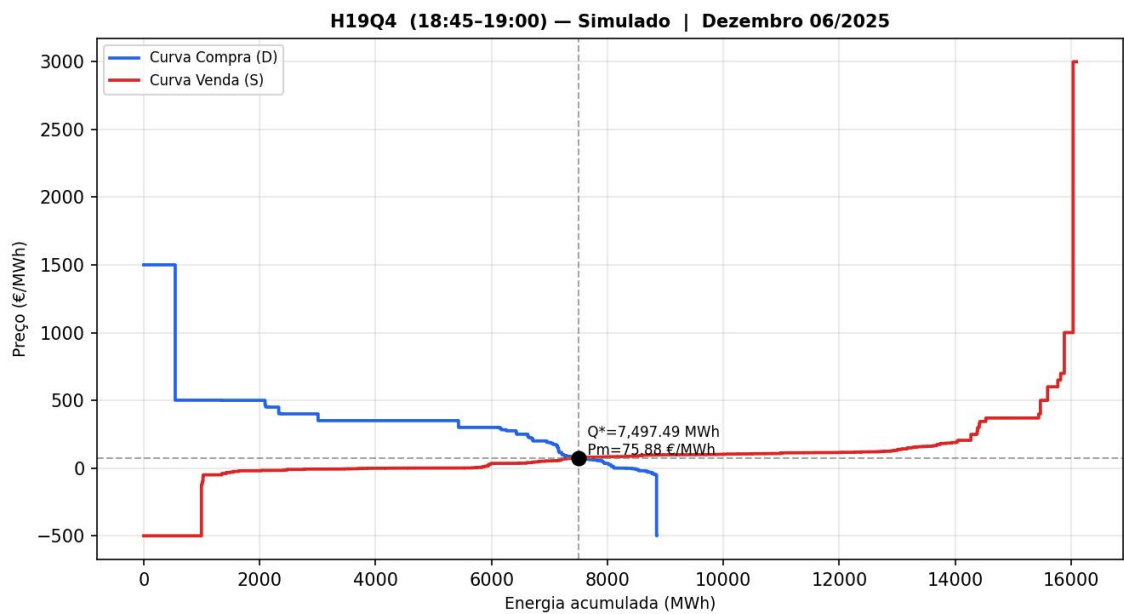


Figura 5.42: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H19Q4 simulado

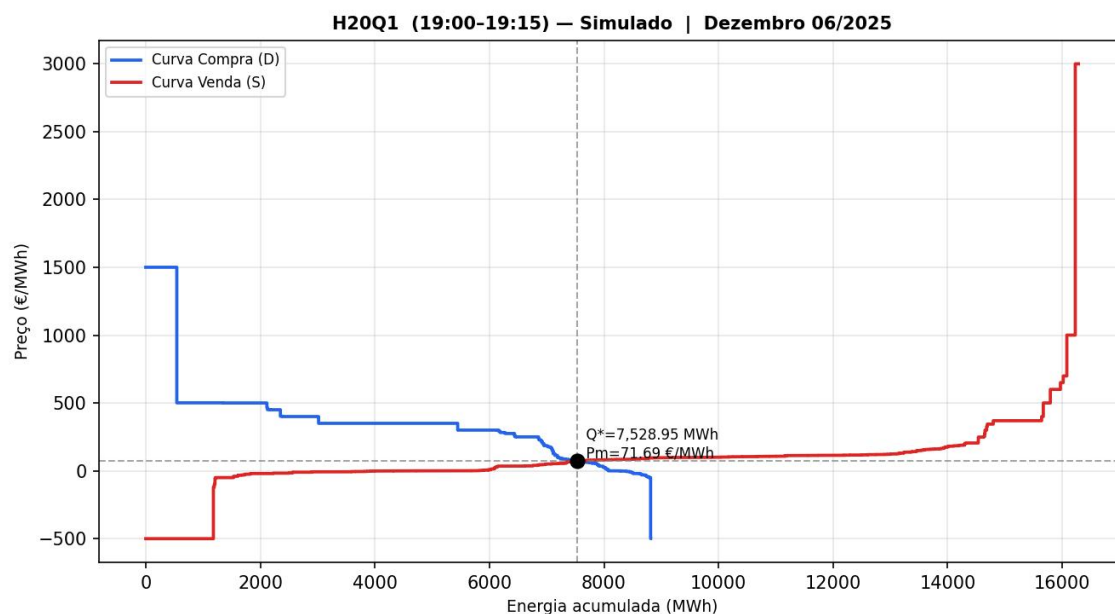


Figura 5.43: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q1 simulado

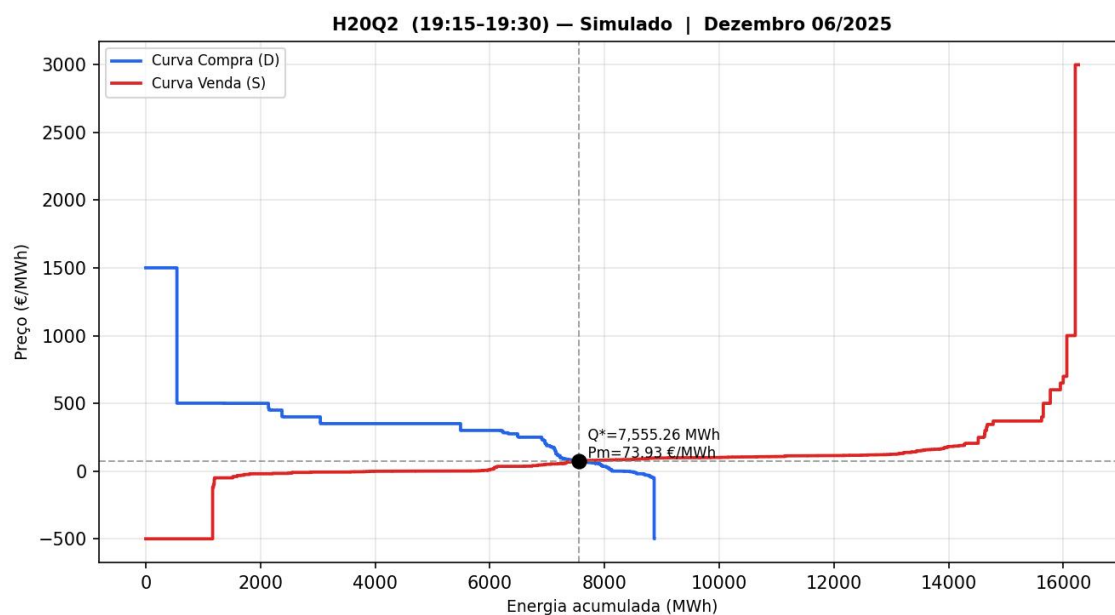


Figura 5.44: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q2 simulado



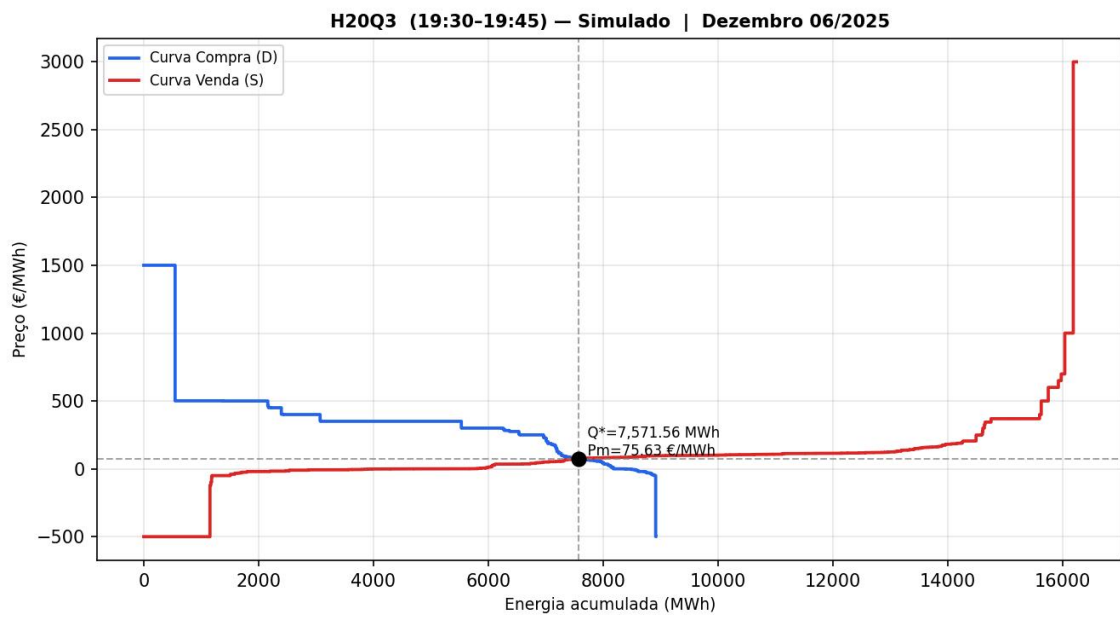


Figura 5.45: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q3 simulado

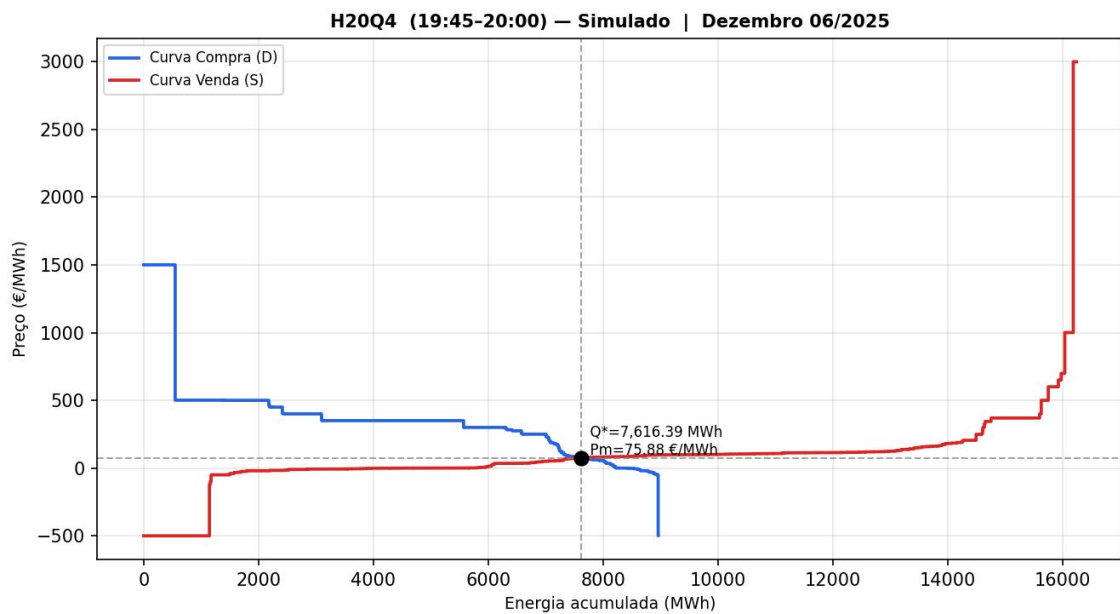


Figura 5.46: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q4 simulado

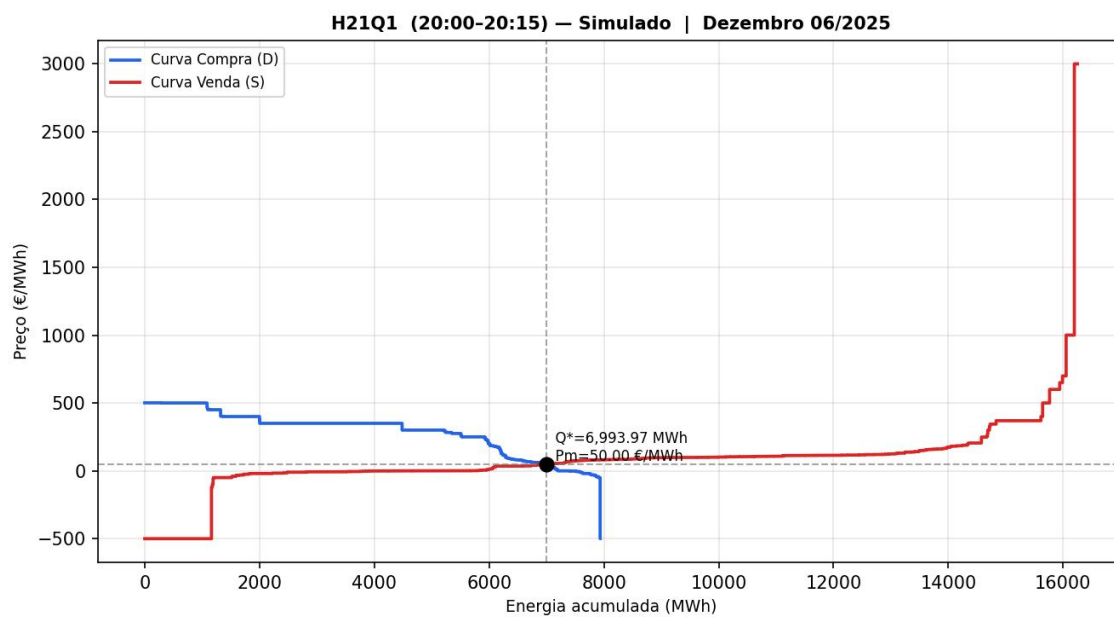


Figura 5.47: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H21Q1 simulado

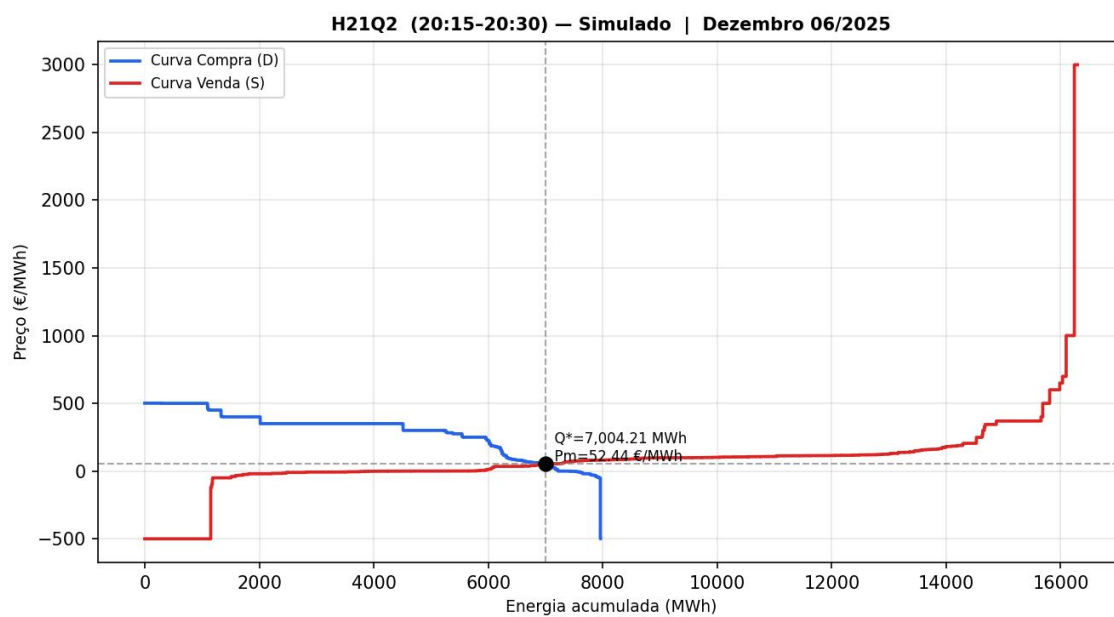


Figura 5.48: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H21Q2 simulado

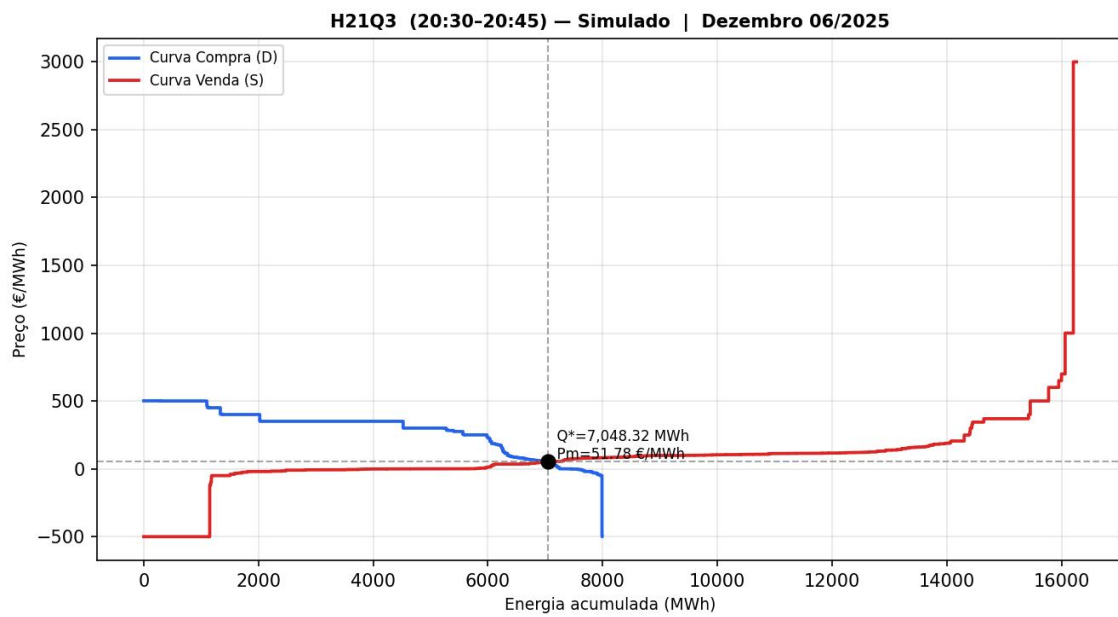


Figura 5.49: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H21Q3 simulado

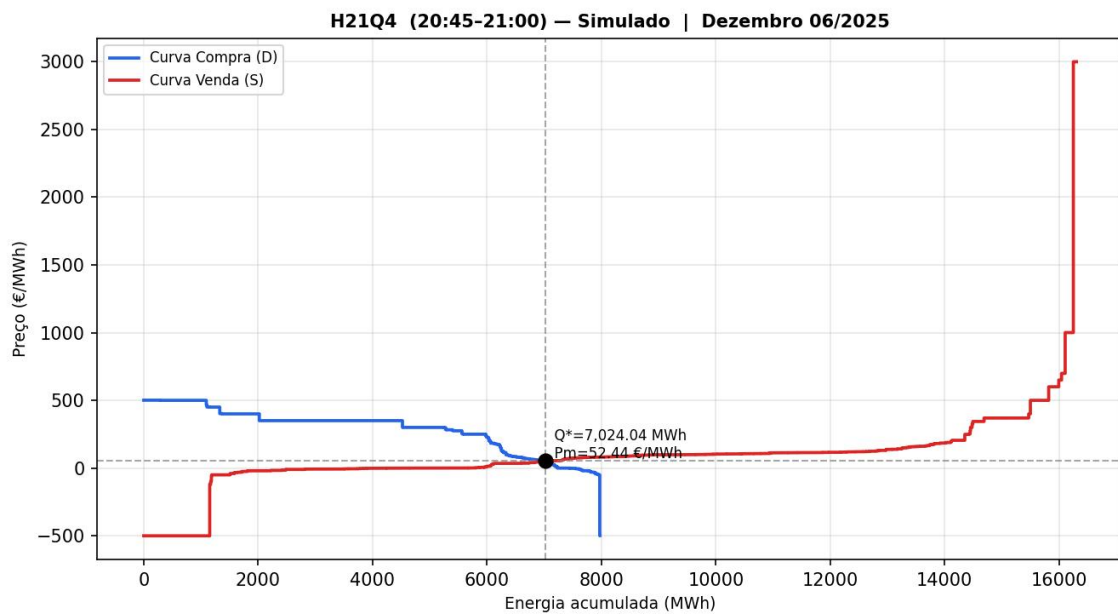


Figura 5.50: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H21Q4 simulado

Tabela 5.11: Resultados simulados do dia 6 de dezembro

| <b>Períodos</b> | <b>Potência (MW)</b> | <b>Energia (MWh)</b> | <b>Preço Marginal (€/MWh)</b> | <b>Função de Benefício (€)</b> |
|-----------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| H19Q1           | 29 521,32            | 7 380,33             | 66,00                         | 3 776 290,98                   |
| H19Q2           | 29 595,92            | 7 398,98             | 70,82                         | 3 784 306,67                   |
| H19Q3           | 29 899,08            | 7 474,77             | 71,80                         | 3 797 350,64                   |
| H19Q4           | 29 989,96            | 7 497,49             | 75,85                         | 3 769 390,62                   |
| H20Q1           | 30 115,12            | 7 528,95             | 71,69                         | 3 882 763,73                   |
| H20Q2           | 30 221,04            | 7 555,26             | 73,93                         | 3 891 625,78                   |
| H20Q3           | 30 285,56            | 7 571,56             | 75,63                         | 3 902 661,98                   |
| H20Q4           | 30 465,56            | 7 616,39             | 75,85                         | 3 913 915,97                   |
| H21Q1           | 27 975,88            | 6 993,97             | 50,00                         | 2 906 279,46                   |
| H21Q2           | 28 016,04            | 7 004,21             | 52,44                         | 2 912 845,50                   |
| H21Q3           | 28 193,12            | 7 048,32             | 51,85                         | 2 918 448,80                   |
| H21Q4           | 28 096,16            | 7 024,04             | 52,44                         | 2 917 472,67                   |

O cenário simulado revela novamente uma inversão particular: a hora 21 passou a apresentar preços marginais inferiores aos das 19 e 20 horas simuladas, o que indica que a retirada de carga nessa hora foi suficiente para alterar a hierarquia de preços entre os períodos analisados. Isto significa que os preços marginais destas horas já estavam relativamente próximos e que pequenas alterações podem levar a mudanças significativas na simulação do novo mercado.

Tabela 5.12: Comparação dos resultados da Função de Benefício Social do dia 6 de dezembro

| Cenário  | Função de Benefício Social (€) |
|----------|--------------------------------|
| Original | 40 155 716,71                  |
| Simulado | 42 373 252,80                  |

Apesar de voltar a observar uma mudança na hierarquia, o valor total da Função Benefício Social total aumentou 2 217 536,09 €, correspondendo a um ganho de 5,52%, reforçando a ideia transmitida na simulação referente a 25 de novembro - depende da forma local das curvas de oferta e procura em cada hora específica e não apenas do diferencial ou equilíbrio dos preços marginais. Nesta simulação a flexibilidade entre três horas — mesmo em regime de granularidade de 15 minutos — mantém um impacto positivo e consistente na eficiência do mercado.

## 5.3 Horas Distantes

Até a este ponto, a análise de horas adjacentes demonstrou que as transferências imediatas de consumo lidam frequentemente com limitações impostas pela proximidade natural de preços e pela inclinação desfavorável das curvas de oferta e procura do MIBEL. Contudo, observando a evolução do mercado ao longo de 2025, constata-se a crescente preponderância da *duck curve*, um fenómeno acentuado pela elevada penetração fotovoltaica. Durante as horas de maior incidência solar (tipicamente entre as 10h e as 17h), os preços da eletricidade reduzem-se drasticamente, contrastando com os picos de preço verificados ao início da manhã e no período noturno (começando tipicamente entre as horas 19 e 20 e prelongando-se até às 22h).

É para explorar este diferencial intradiário extremo que surge a análise de horas distantes. Ao invés do deslocamento imediato de consumo, este conceito pressupõe a existência e atuação de sistemas de armazenamento de energia em baterias (BESS). Deste modo, seria possível carregar as BESS nos períodos de maior incidência solar, aumentando o consumo, e descarregando-as nas horas noturnas reduzindo o consumo líquido do sistema elétrico.

### 5.3.1 Análise de 2 horas

#### 5.3.1.1 9 de junho

A Tabela 5.13 representa os valores originais do dia 9 de junho nas horas 14 e 20. De seguida as Figuras 5.51 a 5.53 apresentam as curvas agregadas da oferta e procura de cada quarto de hora.

Tabela 5.13: Resultados originais do dia 9 de junho

| Horas | Energia (MWh) | Preço Marginal (€/MWh) | Função de Benefício Social (€) |
|-------|---------------|------------------------|--------------------------------|
| 14    | 36 271,60     | 1,86                   | 17 506 947,87                  |
| 20    | 25 152,50     | 90,00                  | 10 821 252,81                  |

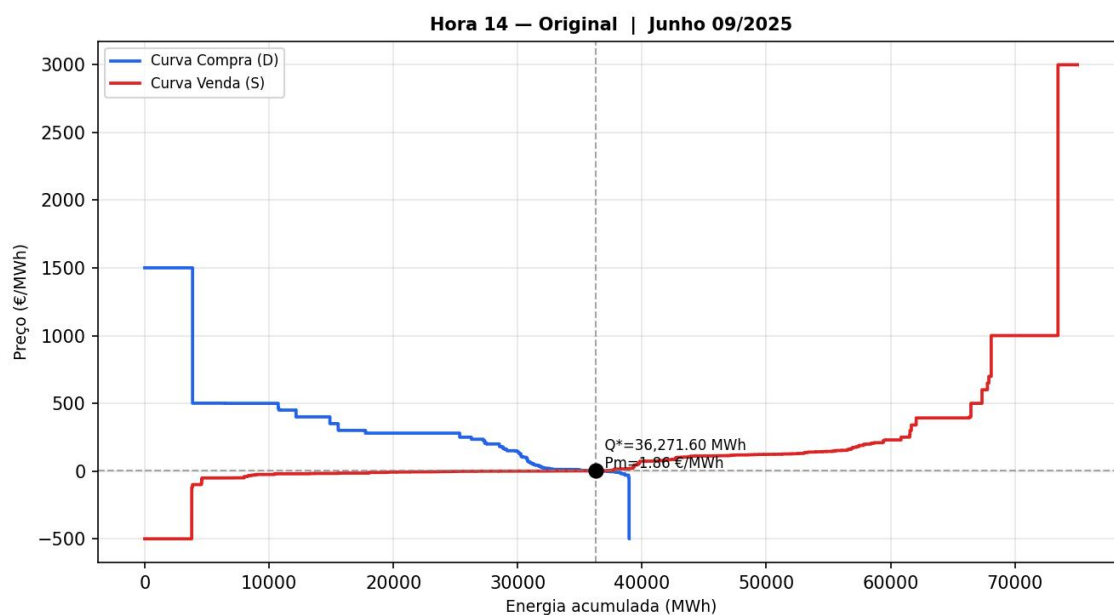


Figura 5.51: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 14 originais

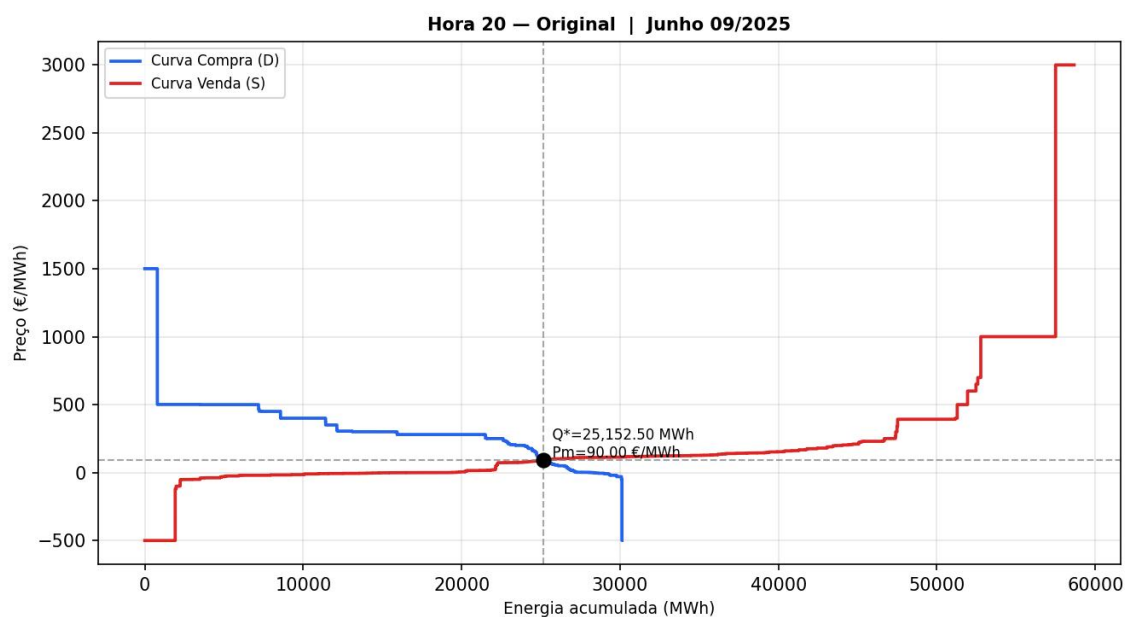


Figura 5.52: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 20 originais

Ao aplicar uma redução de 20% na energia transacionada das 20h, obtendo os seguintes resultados.

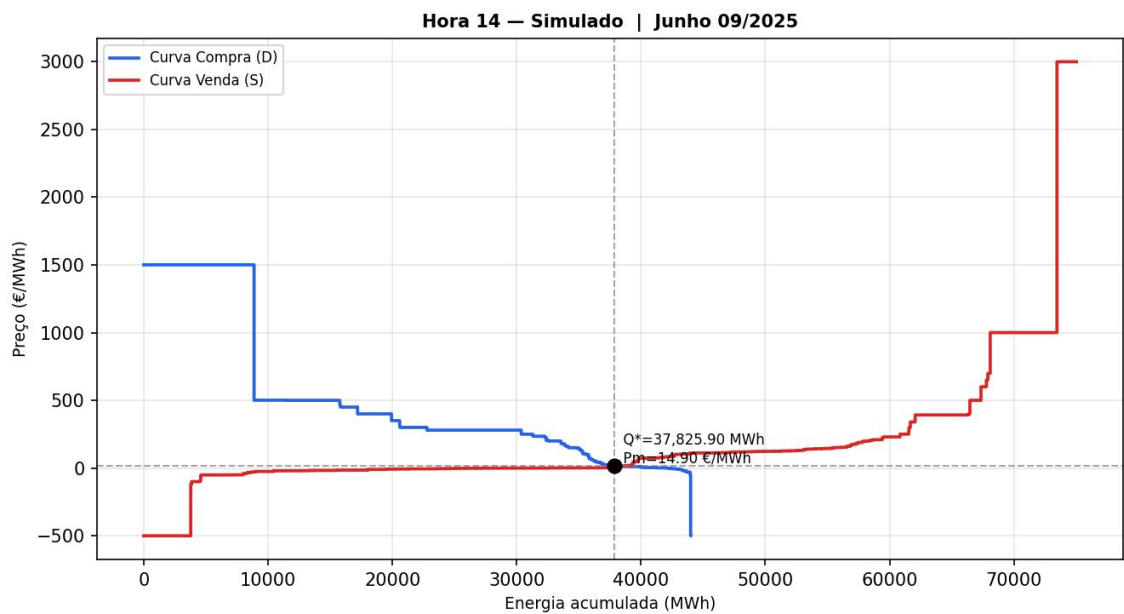


Figura 5.53: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 14 simulada

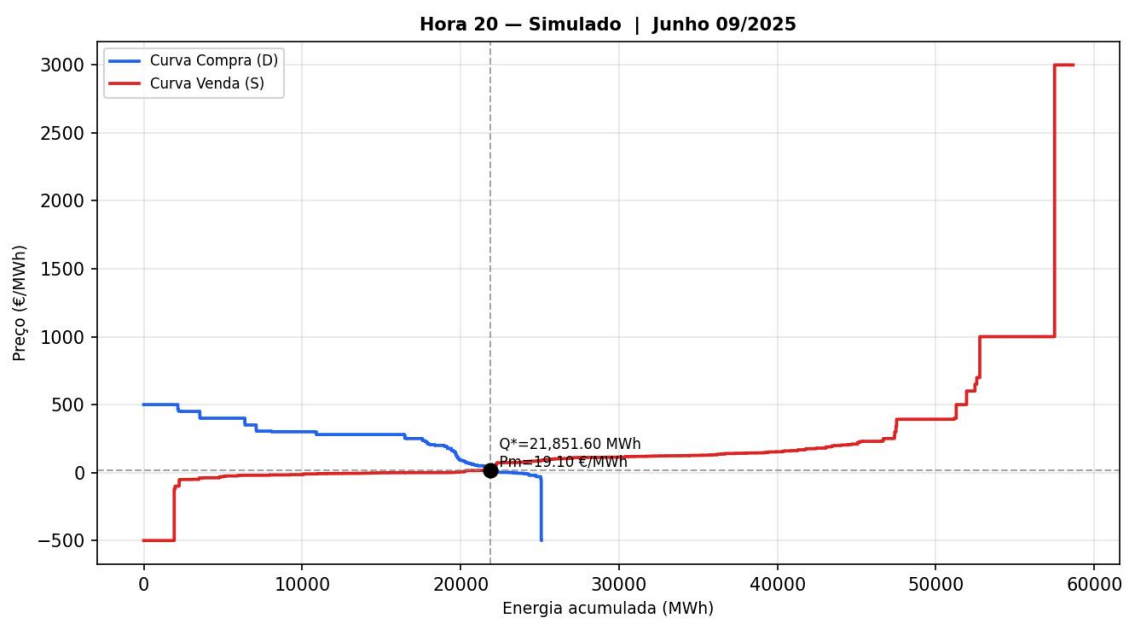


Figura 5.54: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 20 simulada

Tabela 5.14: Resultados simulados do dia 9 de junho

| <b>Horas</b> | <b>Energia (MWh)</b> | <b>Preço Marginal (€/MWh)</b> | <b>Função de Benefício Social (€)</b> |
|--------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 14           | 37 825,90            | 14,90                         | 25 016 029,84                         |
| 20           | 21 851,60            | 19,10                         | 7 845 696,83                          |

A transferência de 20% da energia da hora 20 (90,00 €/MWh) para a hora 14 (1,86 €/MWh) no dia 9 de junho ilustra de forma expressiva o potencial da flexibilidade suportada por armazenamento de energia — nomeadamente baterias (BESS) — para explorar diferenças de preço entre períodos com elevada geração solar e períodos de pico de consumo noturno. O diferencial inicial de 88,14 €/MWh entre as duas horas é dos mais elevados de todos os casos estudados, refletindo um dia típico de verão com elevada produção fotovoltaica durante as horas diurnas no MIBEL. No cenário simulado, a hora 14 absorveu a energia adicional com um aumento do preço marginal de 1,86 para 14,90 €/MWh, enquanto a hora 20 registou uma redução expressiva de 90,00 para 19,10 €/MWh.

Tabela 5.15: Comparação dos resultados da Função de Benefício Social do dia 9 de junho

| <b>Cenário</b> | <b>Função de Benefício Social (€)</b> |
|----------------|---------------------------------------|
| Original       | 28 328 200,68                         |
| Simulado       | 32 861 726,67                         |

O aumento da Função de Benefício Social foi de 4 533 525,99 € (16,00%), o valor mais elevado de todos os cenários de dias isolados analisados, demonstrando que com os devidos meios é possível verificar ganhos elevados na introdução destas baterias no funcionamento do mercado, impactando positivamente o lado financeiro do mercado.

### 5.3.1.2 8 de novembro

A Tabela 5.16 representa os valores originais do dia 8 de novembro nas horas 13 e 20. De seguida as Figuras 5.43 a 5.46 demonstram as curvas agregadas da oferta e procura de cada quarto de hora.



Tabela 5.16: Resultados originais do dia 8 de novembro

| <b>Períodos</b> | <b>Potência (MW)</b> | <b>Energia (MWh)</b> | <b>Preço Marginal (€/MWh)</b> | <b>Função de Benefício (€)</b> |
|-----------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| H13Q1           | 34 095,92            | 8 523,98             | 4,66                          | 4 763 070,62                   |
| H13Q2           | 34 134,12            | 8 533,53             | 4,66                          | 4 764 890,07                   |
| H13Q3           | 34 215,08            | 8 553,77             | 4,66                          | 4 774 220,13                   |
| H13Q4           | 34 241,40            | 8 560,35             | 4,66                          | 4 788 545,45                   |
| H20Q1           | 24 121,08            | 6 030,27             | 87,19                         | 2 946 214,94                   |
| H20Q2           | 24 147,04            | 6 036,77             | 90,00                         | 2 890 406,63                   |
| H20Q3           | 24 131,40            | 6 032,85             | 90,00                         | 2 799 555,99                   |
| H20Q4           | 23 881,08            | 5 970,27             | 87,21                         | 2 603 419,17                   |

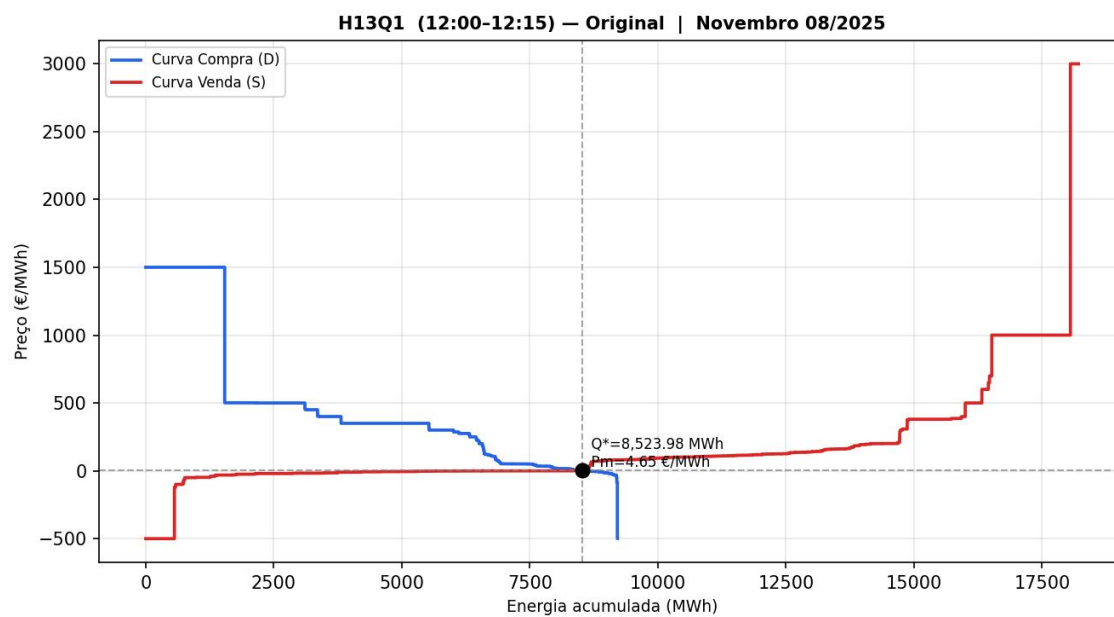


Figura 5.55: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q1 originais

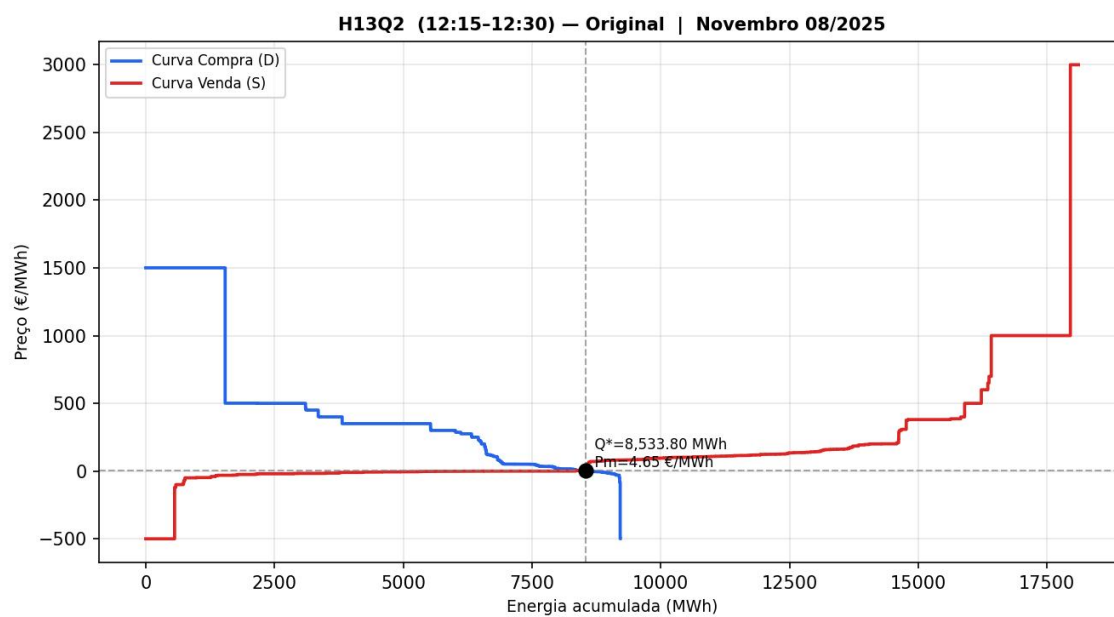


Figura 5.56: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q2 originais

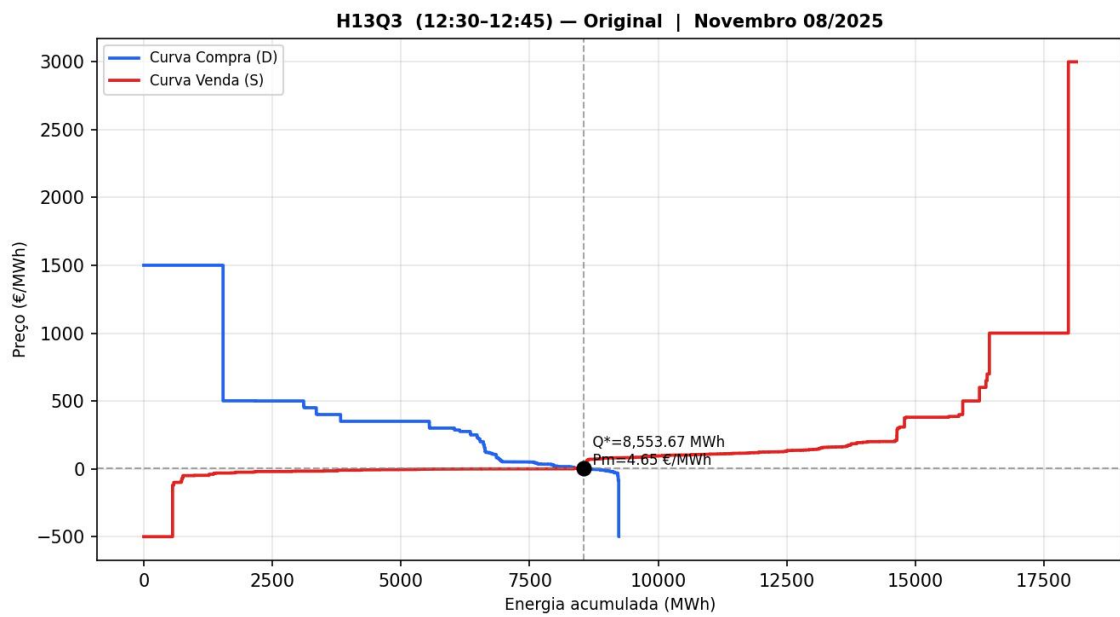


Figura 5.57: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q3 originais

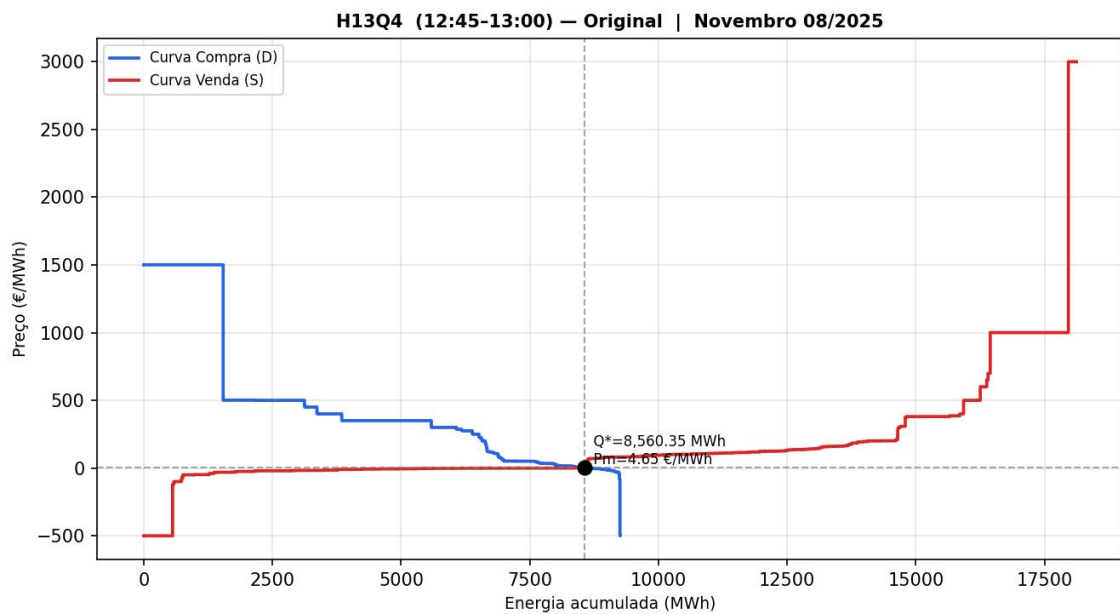


Figura 5.58: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q4 originais

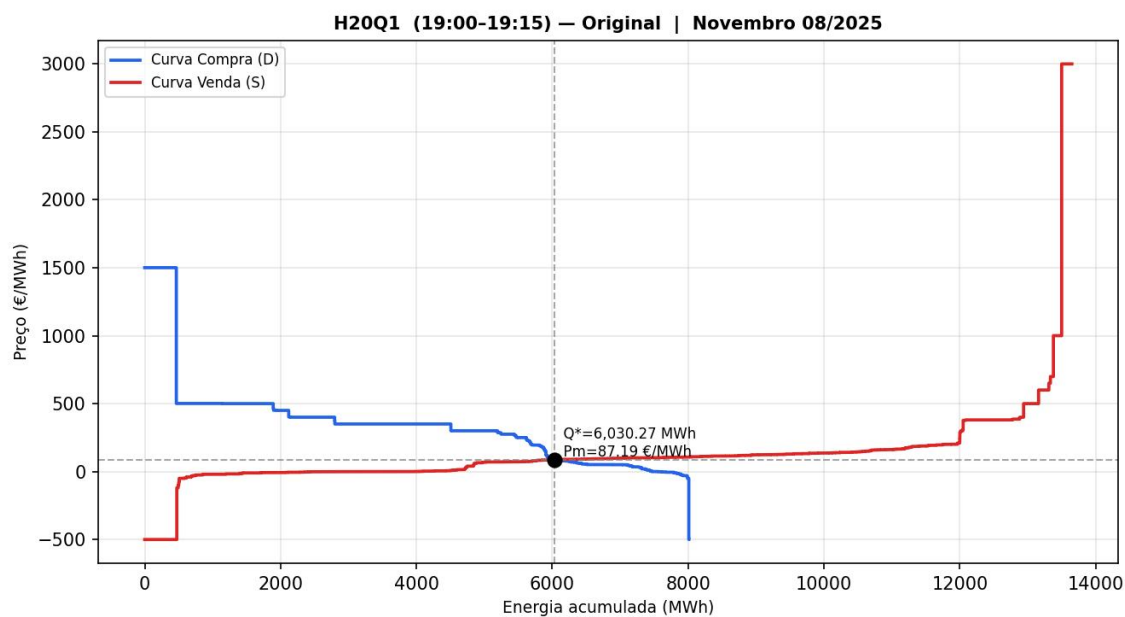


Figura 5.59: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q1 originais

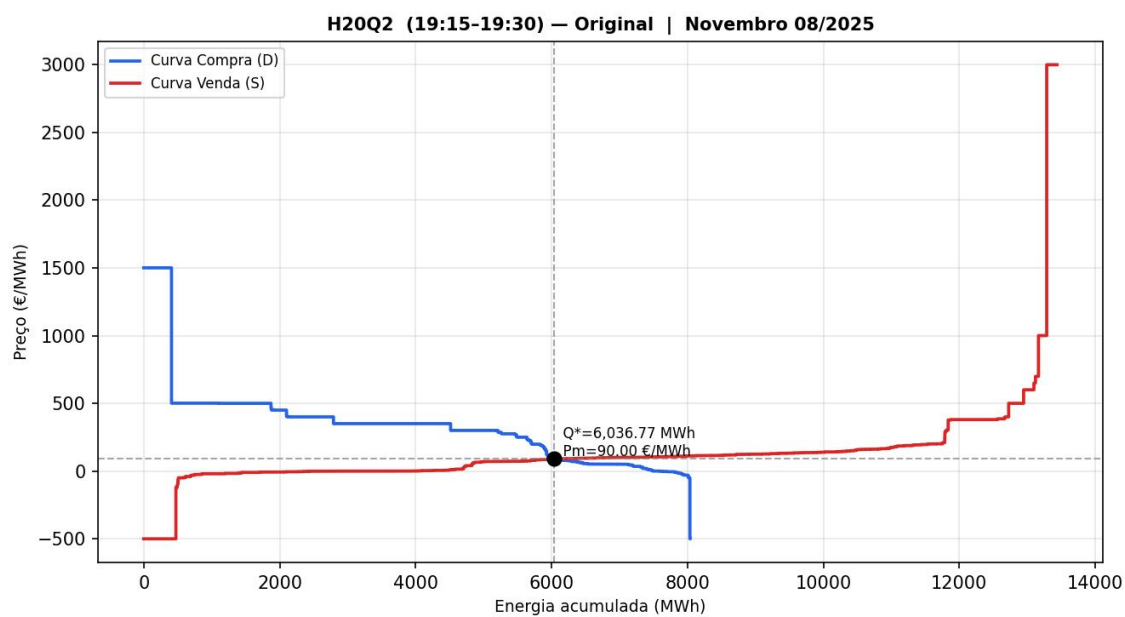


Figura 5.60: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q2 originais

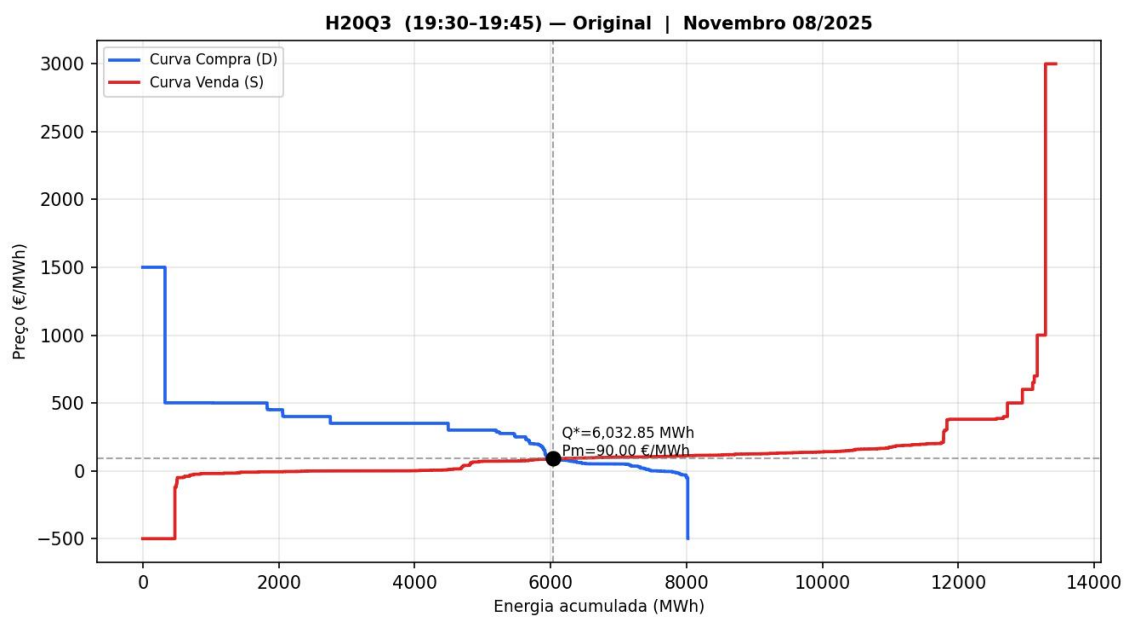


Figura 5.61: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q3 originais

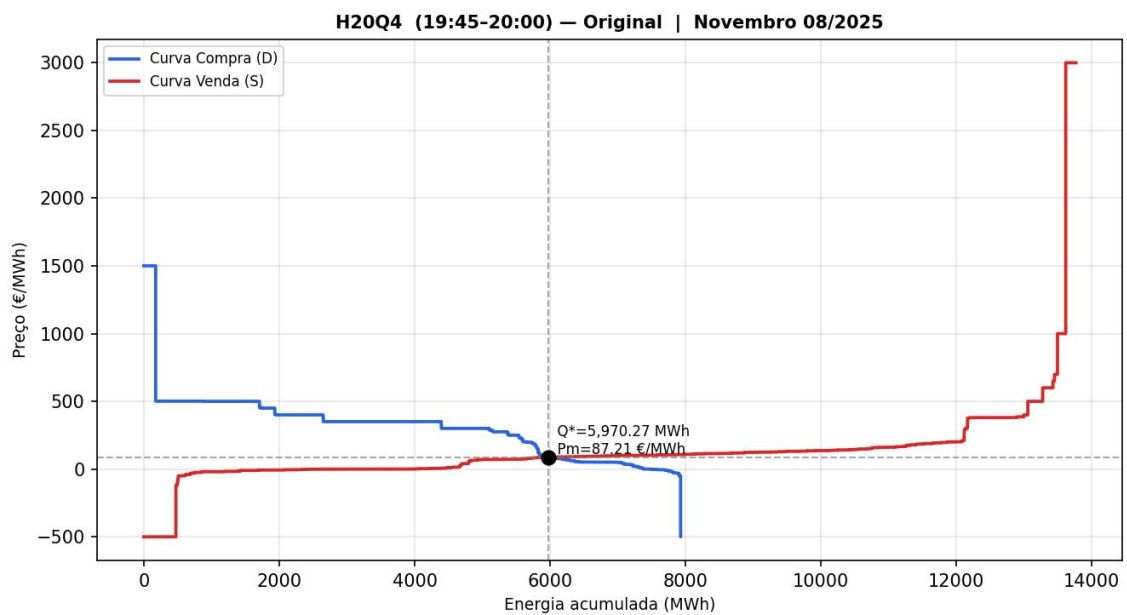


Figura 5.62: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q4 originais

Ao aplicar uma redução de 10% na energia transacionada na hora 20 foram obtidos os resultados que se apresentam em seguida.

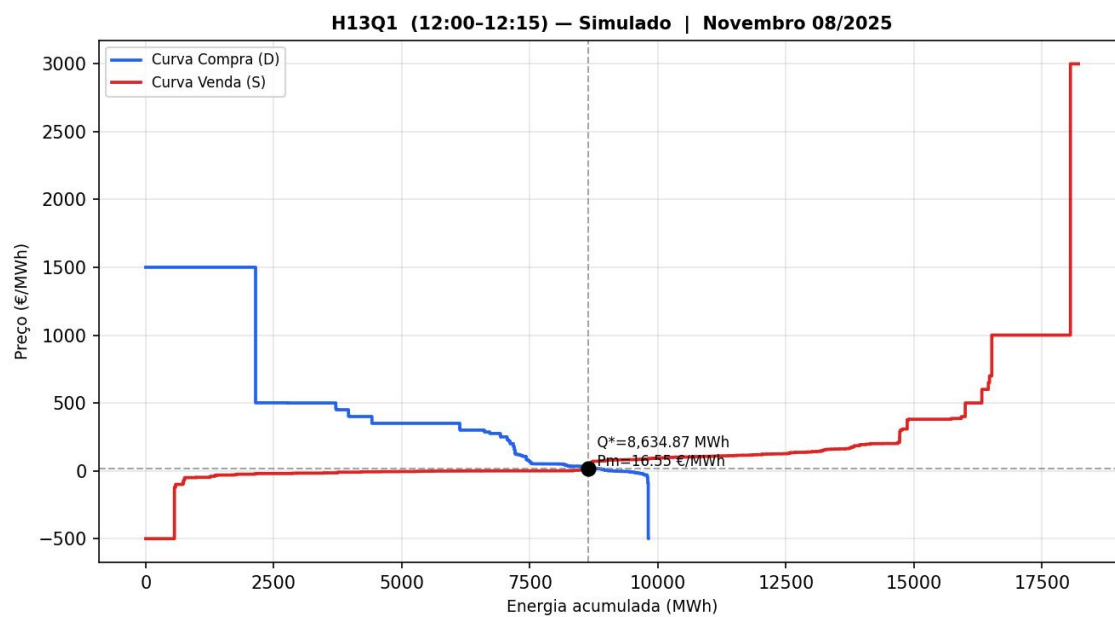


Figura 5.63: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q1 simulado

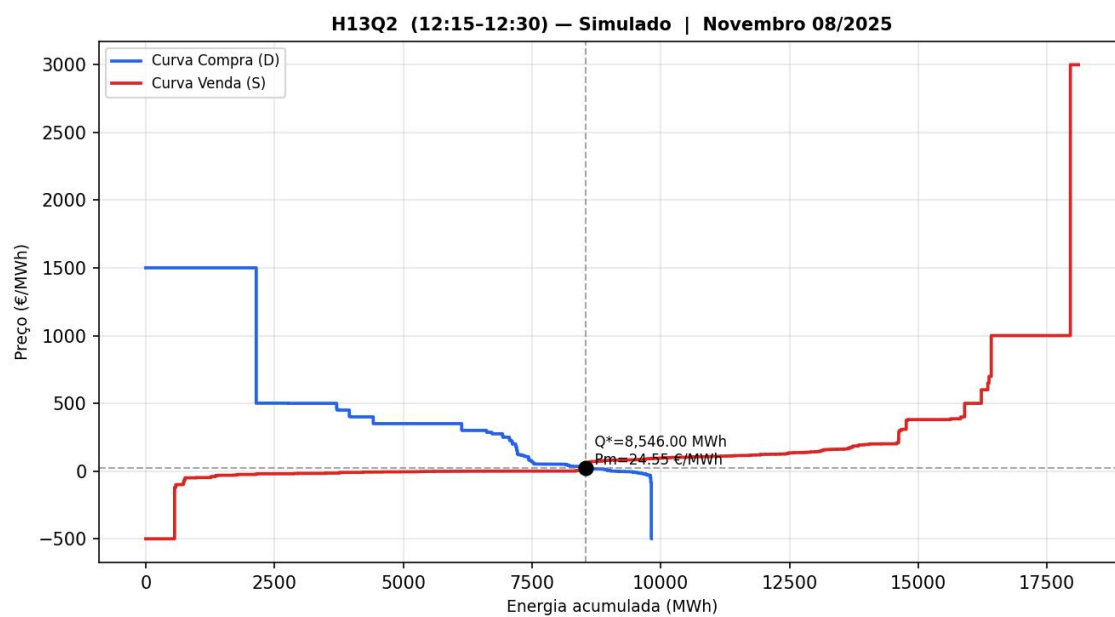


Figura 5.64: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q2 simulado

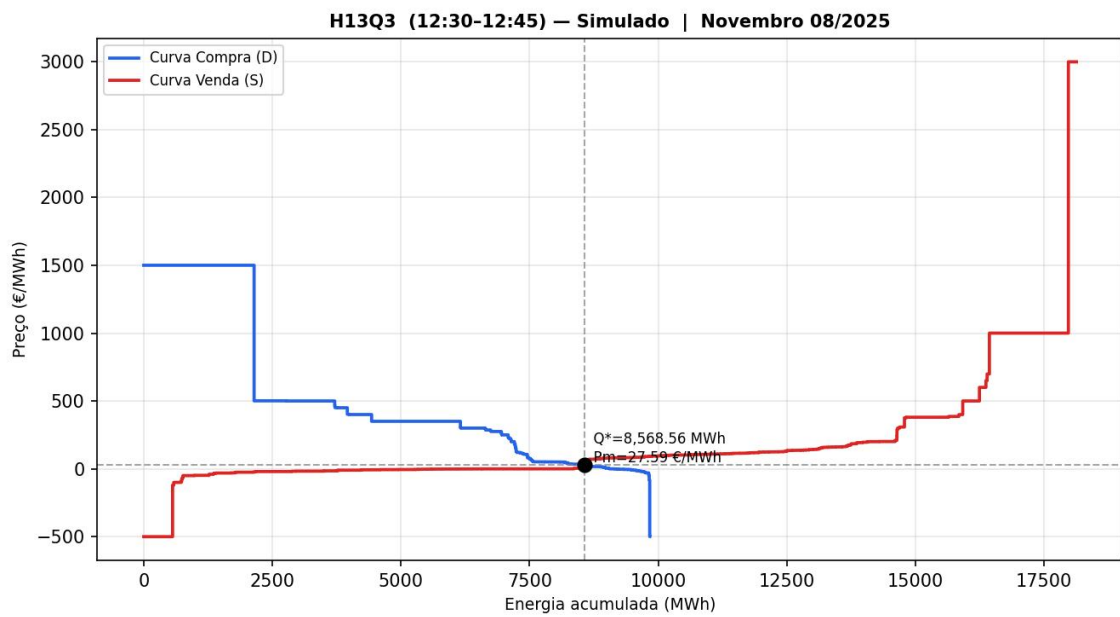


Figura 5.65: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q3 simulado

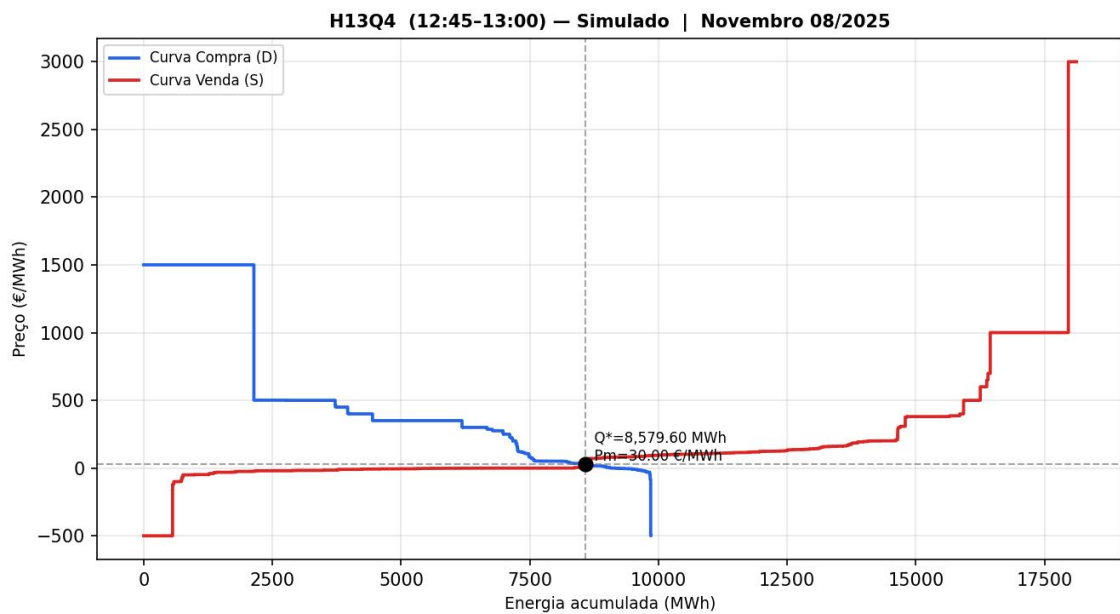


Figura 5.66: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q4 simulado

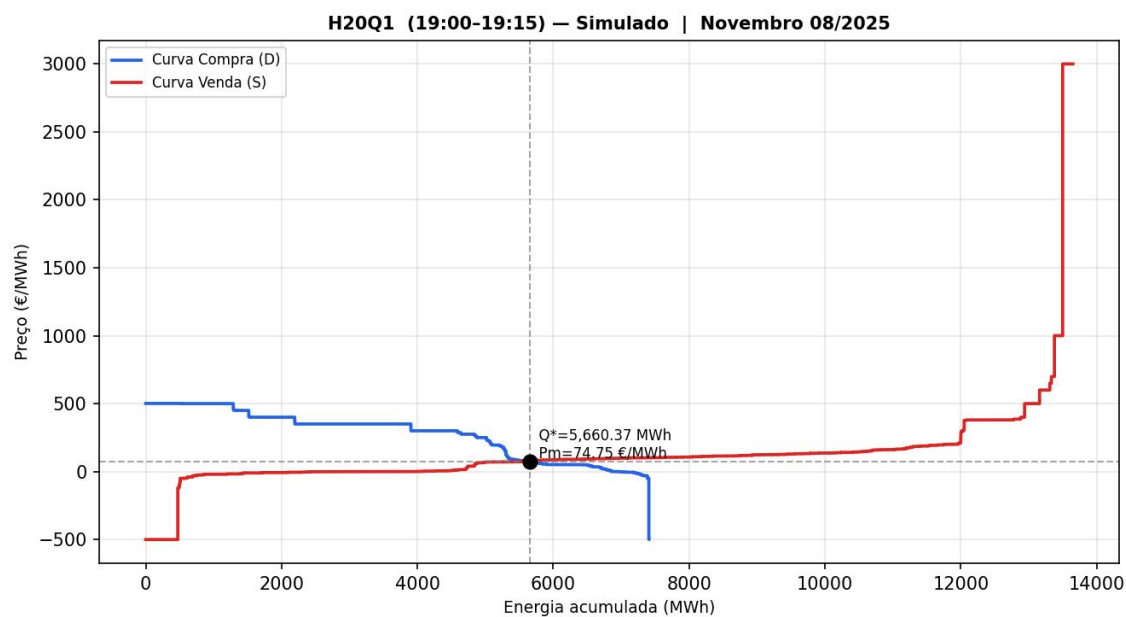


Figura 5.67: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q1 simulado

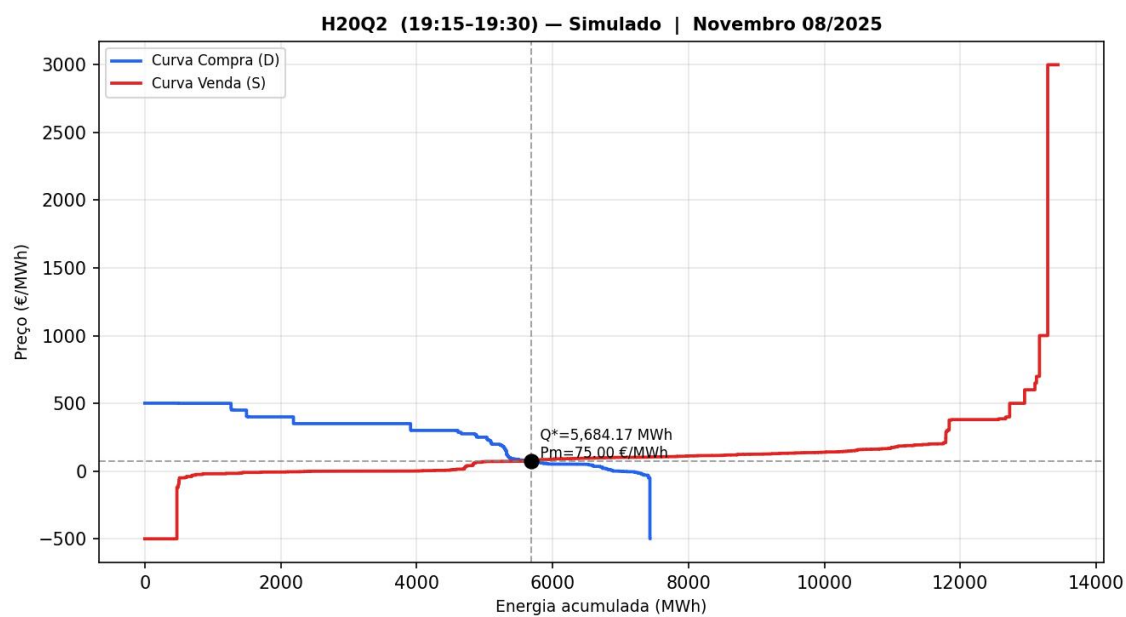


Figura 5.68: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q2 simulado



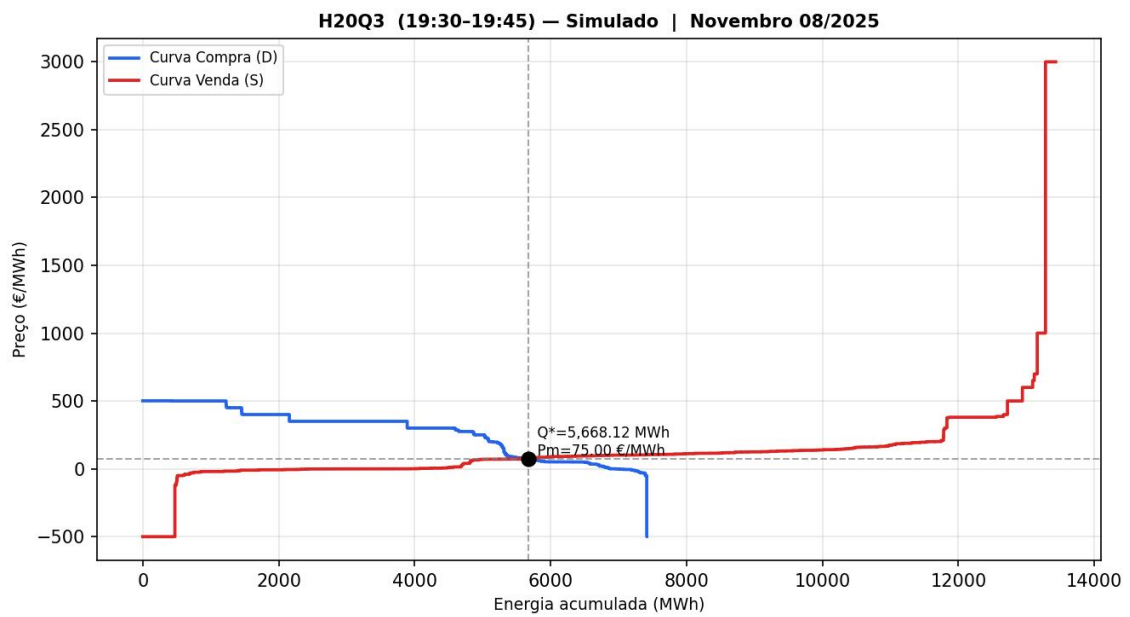


Figura 5.69: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q3 simulado

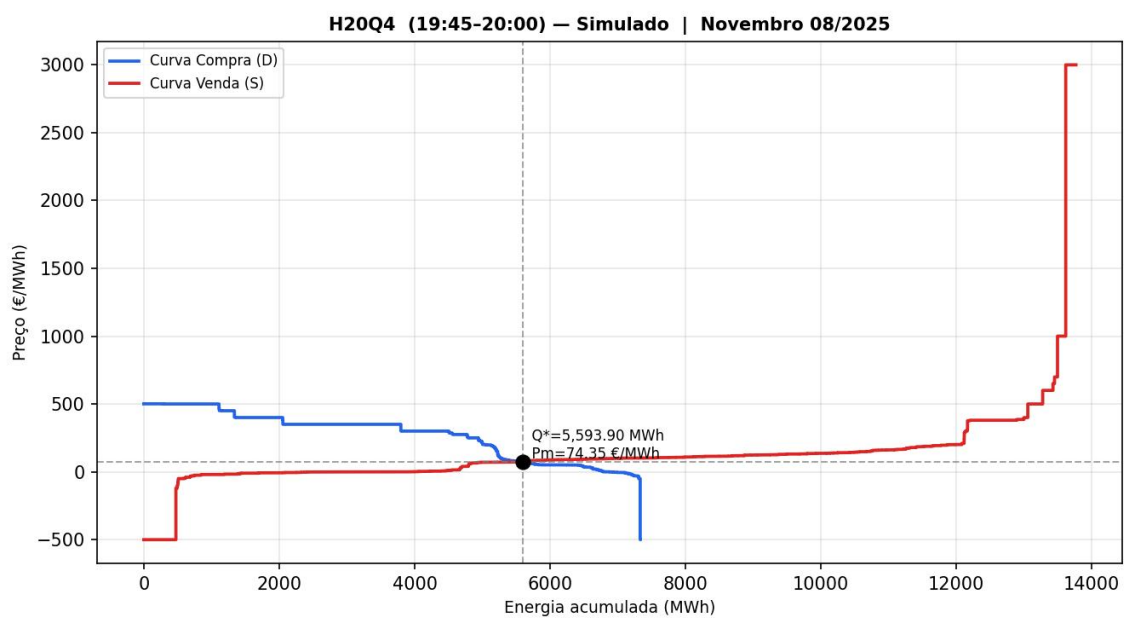


Figura 5.70: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q4 simulado

Tabela 5.17: Resultados simulados do dia 8 de novembro

| <b>Períodos</b> | <b>Potência (MW)</b> | <b>Energia (MWh)</b> | <b>Preço Marginal (€/MWh)</b> | <b>Função de Benefício (€)</b> |
|-----------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| H13Q1           | 34 539,48            | 8 634,87             | 16,55                         | 5 660 856,05                   |
| H13Q2           | 34 184,00            | 8 546,00             | 24,55                         | 5 663 117,18                   |
| H13Q3           | 34 275,16            | 8 568,79             | 27,58                         | 5 671 823,13                   |
| H13Q4           | 34 316,00            | 8 579,00             | 30,00                         | 5 676 489,06                   |
| H20Q1           | 22 641,48            | 5 660,37             | 74,75                         | 2 228 553,73                   |
| H20Q2           | 22 736,68            | 5 684,17             | 75,00                         | 2 230 418,99                   |
| H20Q3           | 22 664,48            | 5 666,12             | 75,00                         | 2 220 350,73                   |
| H20Q4           | 22 375,60            | 5 593,90             | 74,35                         | 2 177 734,54                   |

A análise do dia 8 de novembro em MTU15 envolveu a transferência mais reduzida de 10% da energia da H20 (preços entre 87,19 e 90,00 €/MWh) para a H13, em relação à simulação anterior, apesar dos preços nesse dia serem preços muito reduzidos de 4,66 €/MWh em todos os quartos de hora, característicos de períodos de excedente de geração renovável. A escolha de se realizar uma troca de consumo mais baixa ao que possivelmente se pode obter no seu estado maximizado foi para demonstrar o benefício da existência das baterias mesmo que a capacidade das mesmas seja mais baixa e não permita trocas tao elevadas de energia como foi admitido na simulação anterior.

Tabela 5.18: Comparação dos resultados da Função de Benefício Social do dia 8 de novembro

| Cenário  | Função de Benefício Social (€) |
|----------|--------------------------------|
| Original | 30 330 323,00                  |
| Simulado | 31 529 343,41                  |

O valor da Função Benefício Social aumentou 1 199 020,41 € (3,95%). Valor que apesar significativo não é tão elevado como o esperado devido à elasticidade das curvas agregadas que não permitiu um aumento da área geométrica da Função de Benefício Social.

### 5.3.2 Análise de 3 horas

#### 5.3.2.1 21 de abril

A Tabela 5.19 representa os valores originais do dia 21 de abril referentes às horas 12, 13 e 20. De seguida as Figuras 5.71 a 5.73 apresentam as curvas agregadas da oferta e procura de cada hora.

Tabela 5.19: Resultados originais do dia 21 de abril

| Horas | Energia (MWh) | Preço Marginal (€/MWh) | Função de Benefício Social (€) |
|-------|---------------|------------------------|--------------------------------|
| 12    | 29 111,20     | 15,00                  | 14 741 741,39                  |
| 13    | 29 046,70     | 12,10                  | 14 443 604,52                  |
| 20    | 31 444,60     | 114,05                 | 14 826 873,04                  |

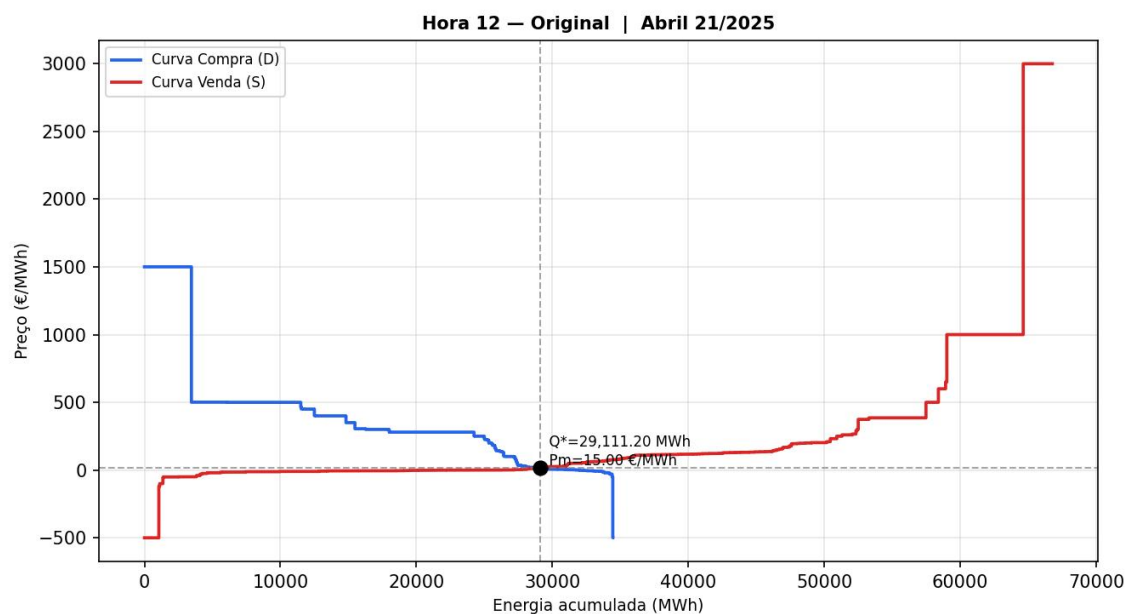


Figura 5.71: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 12 originais

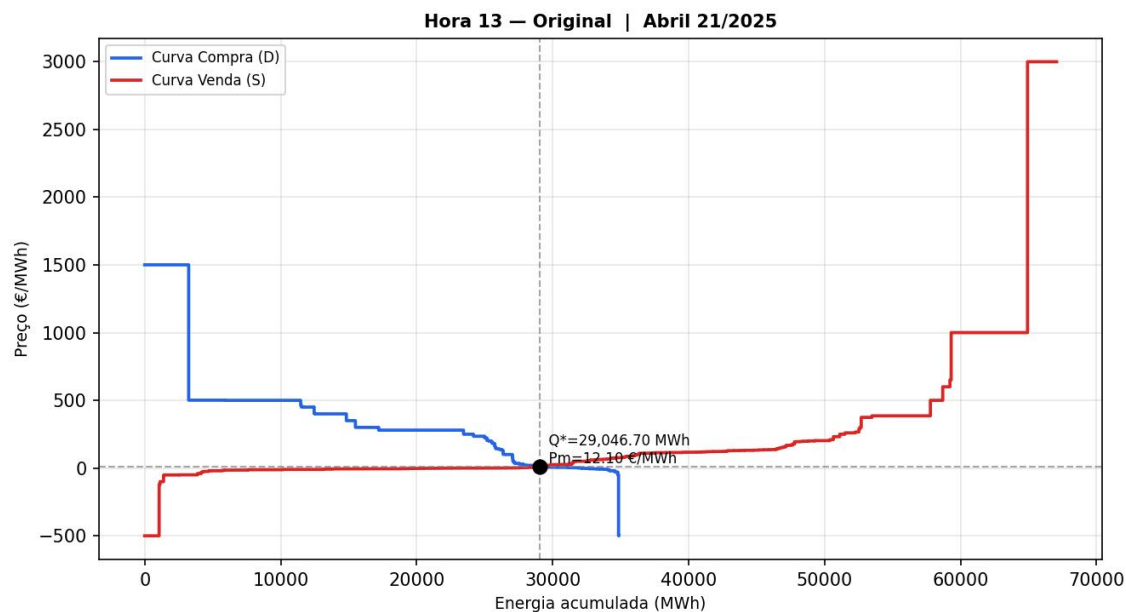


Figura 5.72: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 13 originais

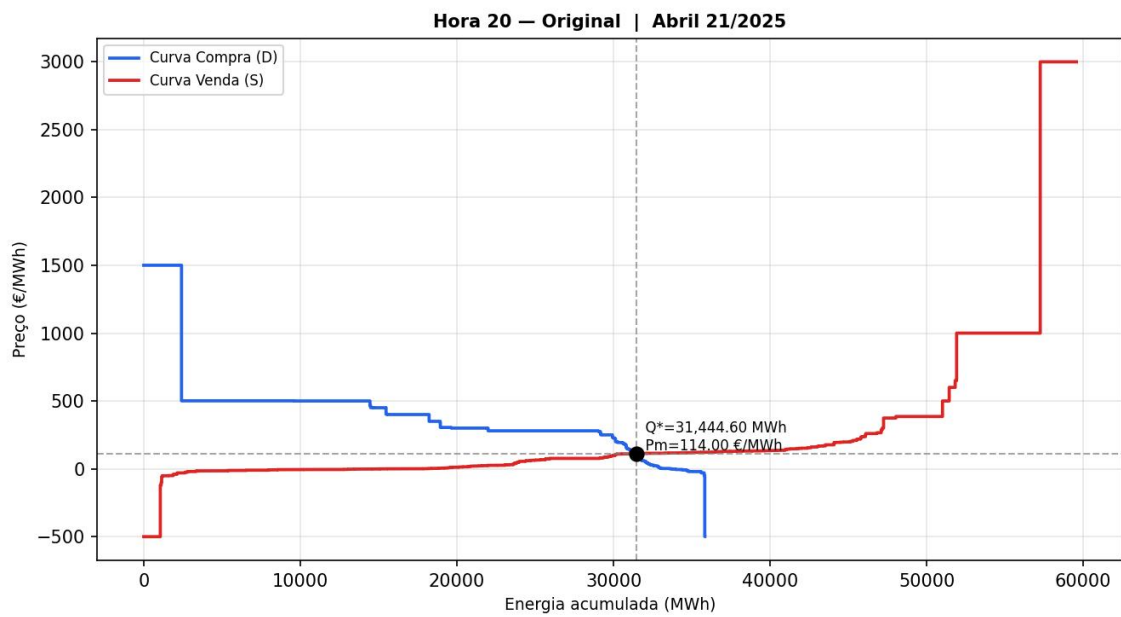


Figura 5.73: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 20 originais

Ao aplicar uma redução de 20% na energia transacionada na hora 20, sendo ela novamente dividida em duas partes iguais e distribuída pelas outras horas, foram obtidos os resultados seguintes.

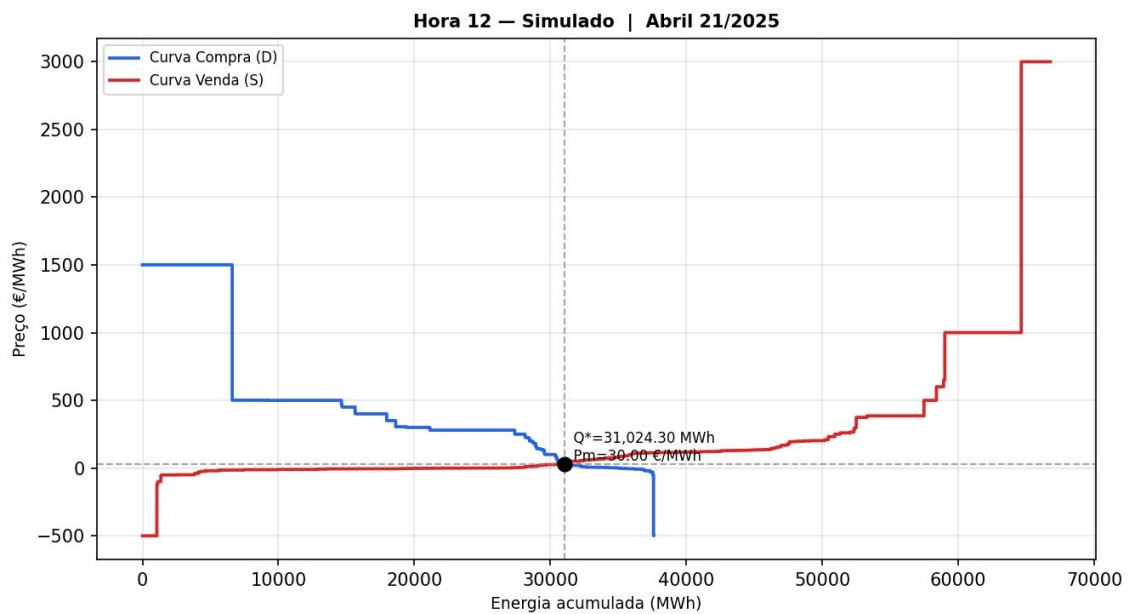


Figura 5.74: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 12 simulada

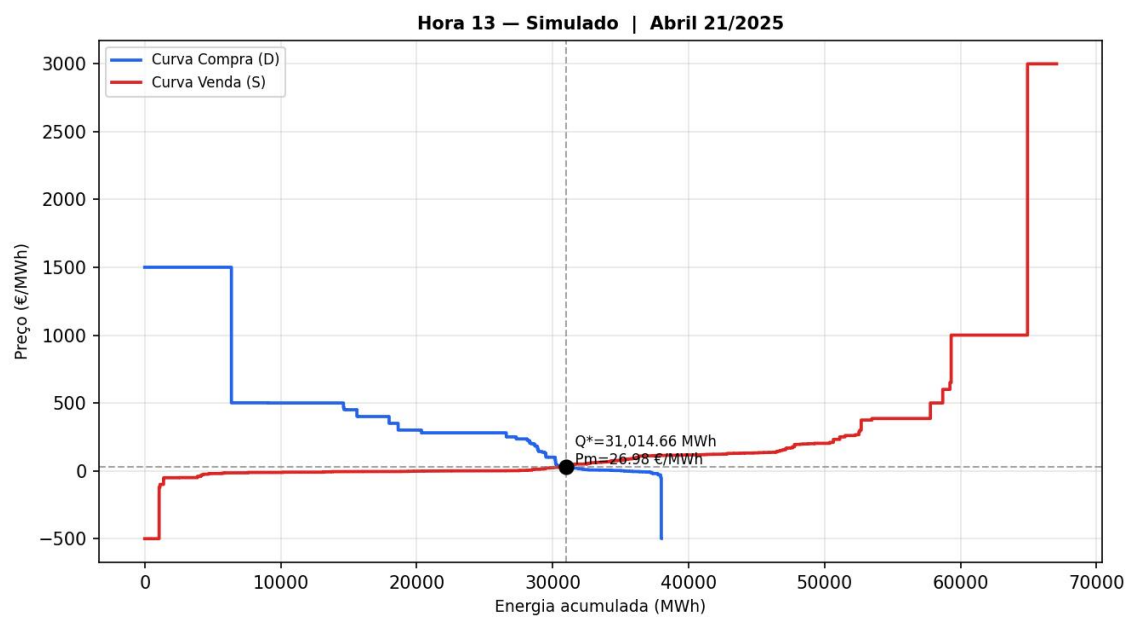


Figura 5.75: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 13 simulada

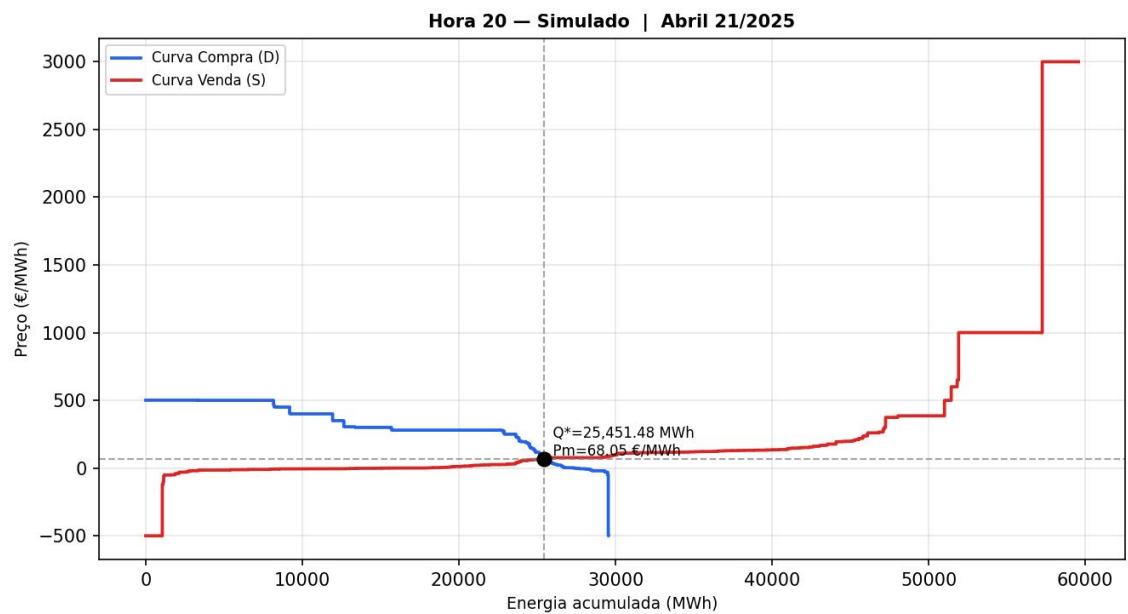


Figura 5.76: Curvas agregadas da oferta e procura para a hora 20 simulada

Tabela 5.20: Resultados simulados do dia 21 de abril

| <b>Horas</b> | <b>Energia (MWh)</b> | <b>Preço Marginal (€/MWh)</b> | <b>Função de Benefício Social (€)</b> |
|--------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 12           | 31 024,30            | 30,00                         | 19 384 414,19                         |
| 13           | 31 014,66            | 26,98                         | 19 094 878,39                         |
| 20           | 25 451,48            | 68,05                         | 9 806 656,55                          |

Tabela 5.21: Comparação dos resultados da Função de Benefício Social do dia 21 de abril

| <b>Cenário</b> | <b>Função de Benefício Social (€)</b> |
|----------------|---------------------------------------|
| Original       | 44 012 218,95                         |
| Simulado       | 48 285 949,13                         |

O dia 21 de abril apresenta o segundo maior impacto relativo registado nas simulações de dias isolados: a transferência de 20% da energia da hora 20 (114,05 €/MWh) para as horas 12 (15,00 €/MWh) e 13 (12,10 €/MWh) gerou um aumento da Função de Benefício Social de 4 273 730,18 € (9,71%). A magnitude deste resultado está diretamente associada ao diferencial de preço muito elevado — superior a 100 €/MWh — e à maior percentagem de transferência aplicada (20%). O preço marginal da hora 20 reduziu-se de 114,05 para 68,05 €/MWh, enquanto as horas 12 e 13 registaram aumentos de 15,00 para 30,00 €/MWh e de 12,10 para 26,98 €/MWh respetivamente. Este cenário, embora mais difícil de replicar na prática por exigir capacidade de armazenamento para transferências de longa duração (7 e 8 horas) mais elevada, demonstra claramente o valor económico que a flexibilidade pode gerar quando os preços apresentam elevada variabilidade.

### 5.3.2.2 29 de outubro

A Tabela 5.22 representa os valores originais do dia 29 de outubro para as horas 12, 13 e 20. De seguida as Figuras 5.77 a 5.78 apresentam as curvas agregadas da oferta e procura de cada quarto de hora.

Tabela 5.22: Resultados originais do dia 29 de outubro

| Períodos | Potência (MW) | Energia (MWh) | Preço Marginal (€/MWh) | Função de Benefício (€) |
|----------|---------------|---------------|------------------------|-------------------------|
| H12Q1    | 27 082,72     | 6 770,68      | 85,47                  | 3 473 433,05            |
| H12Q2    | 27 148,96     | 6 787,24      | 82,76                  | 3 465 139,77            |
| H12Q3    | 27 097,28     | 6 774,32      | 82,76                  | 3 466 860,77            |
| H12Q4    | 27 128,28     | 6 782,07      | 82,76                  | 3 475 809,04            |
| H13Q1    | 27 254,52     | 6 813,63      | 83,33                  | 3 494 719,08            |
| H13Q2    | 27 293,60     | 6 823,40      | 82,97                  | 3 495 749,26            |
| H13Q3    | 27 368,08     | 6 842,02      | 83,01                  | 3 504 407,49            |
| H13Q4    | 27 451,28     | 6 862,82      | 83,06                  | 3 516 296,86            |
| H20Q1    | 29 260,20     | 7 315,25      | 144,68                 | 4 232 231,98            |
| H20Q2    | 29 573,72     | 7 393,43      | 150,22                 | 4 263 144,01            |
| H20Q3    | 29 897,52     | 7 474,38      | 157,38                 | 4 292 128,65            |
| H20Q4    | 30 182,08     | 7 545,52      | 159,47                 | 4 309 082,23            |



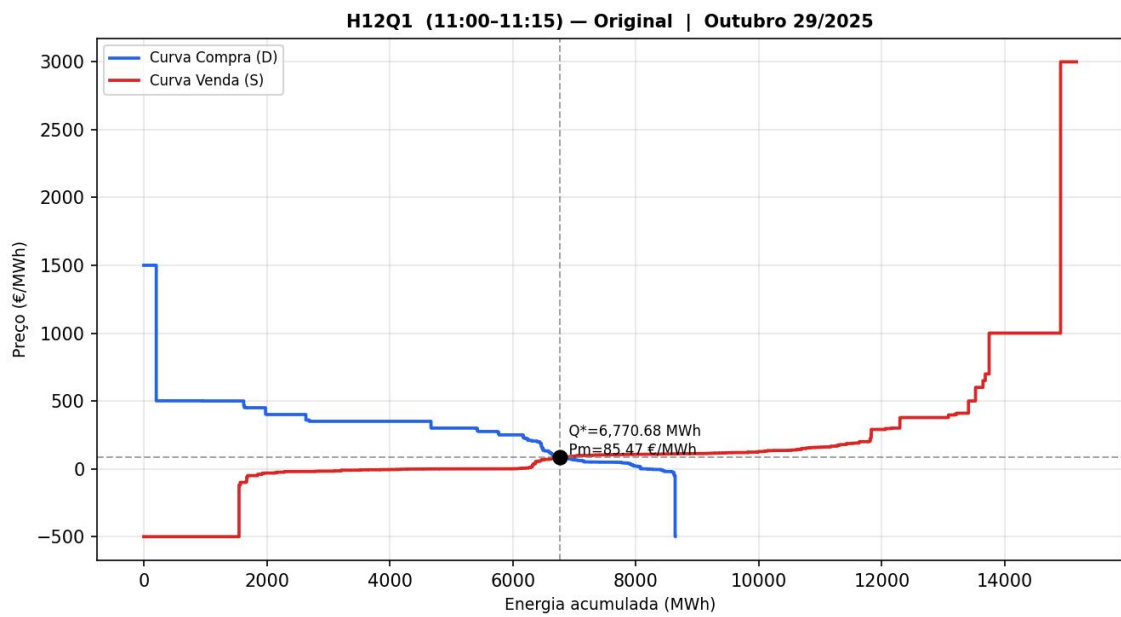


Figura 5.77: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H12Q1 originais

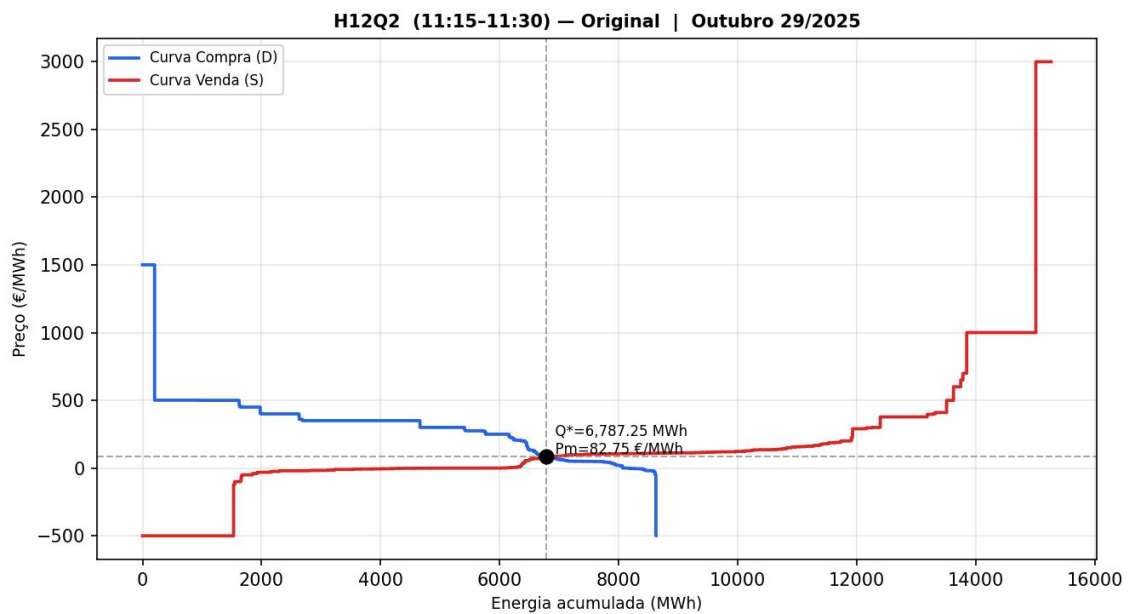


Figura 5.78: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H12Q2 originais

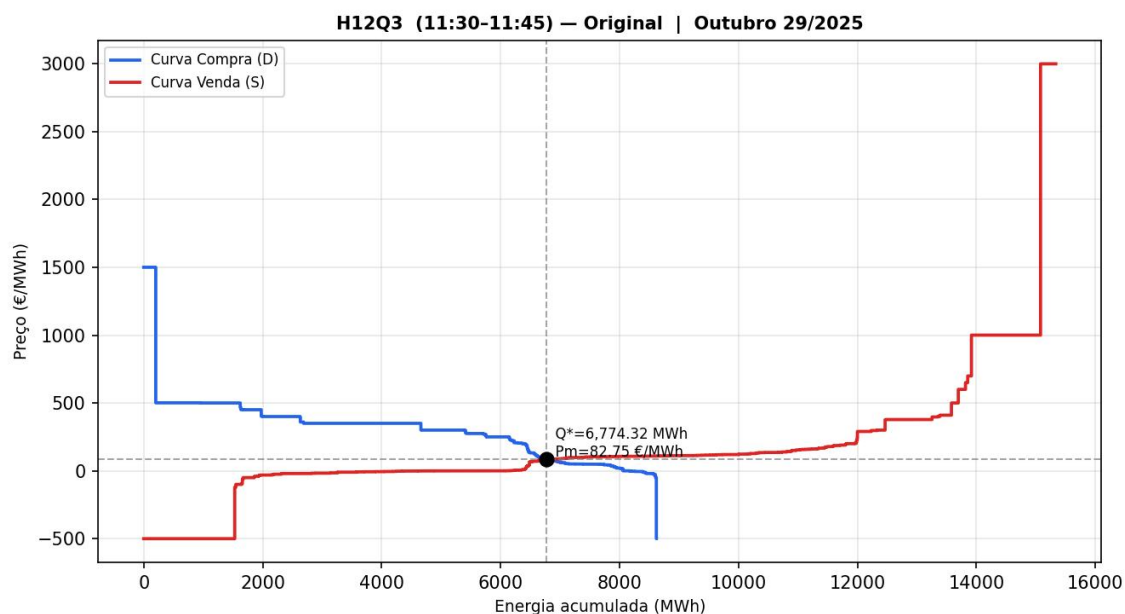


Figura 5.79: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H12Q3 originais

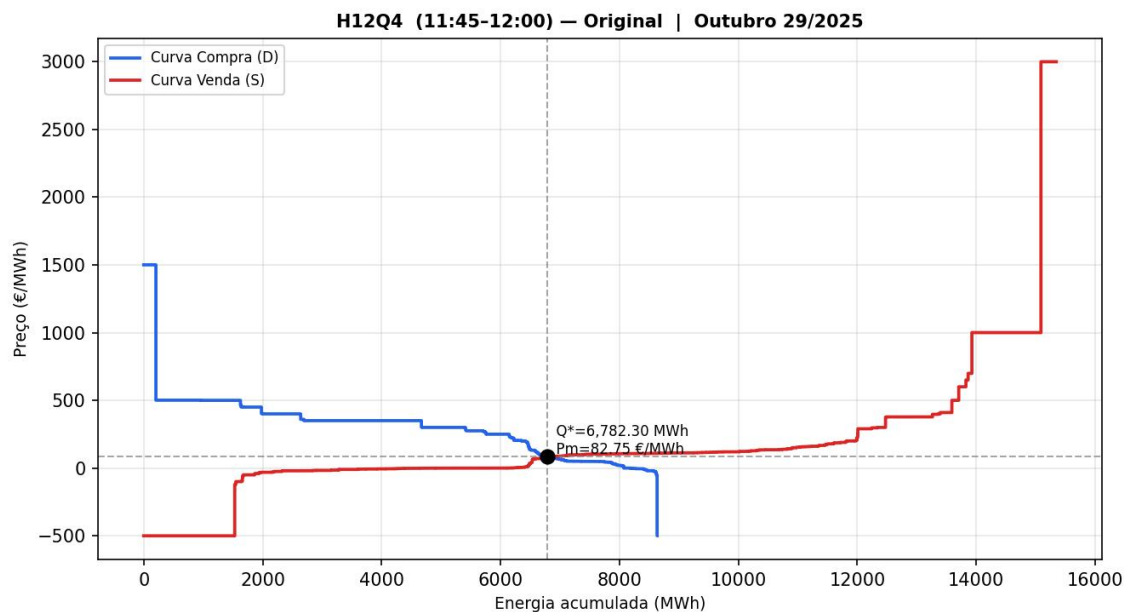


Figura 5.80: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H12Q4 originais

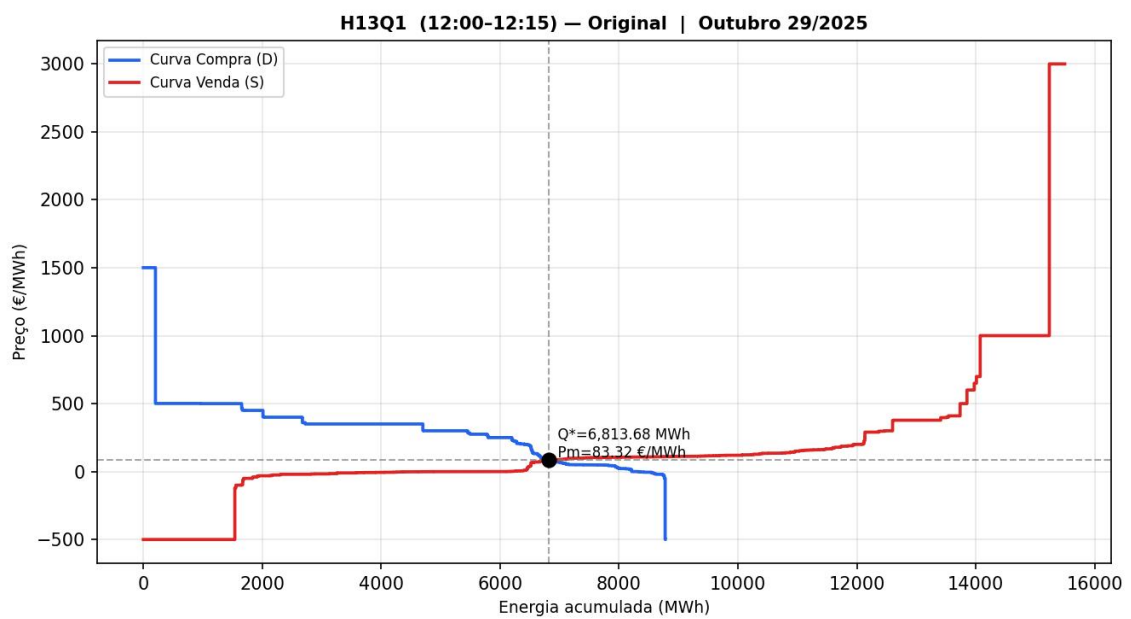


Figura 5.81: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q1 originais

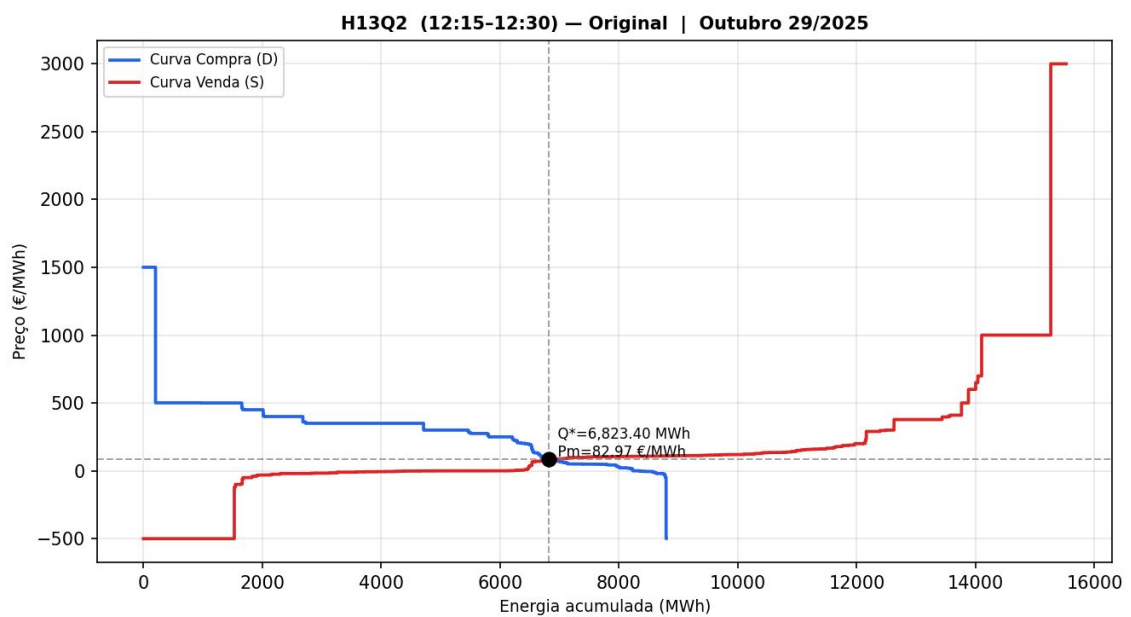


Figura 5.82: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q2 originais

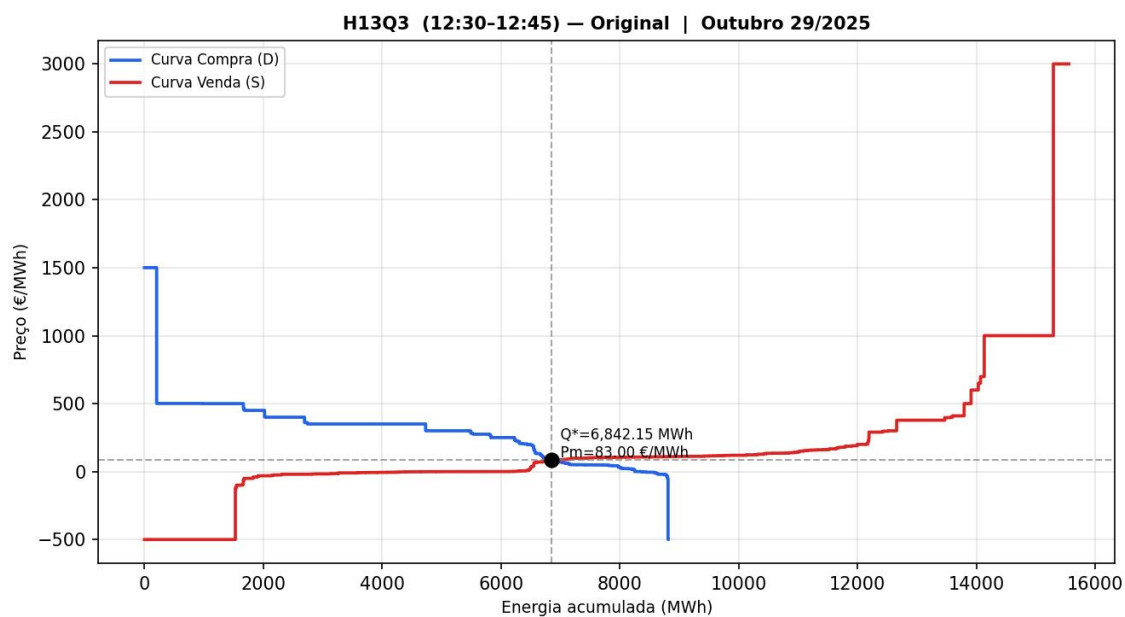


Figura 5.83: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q3 originais

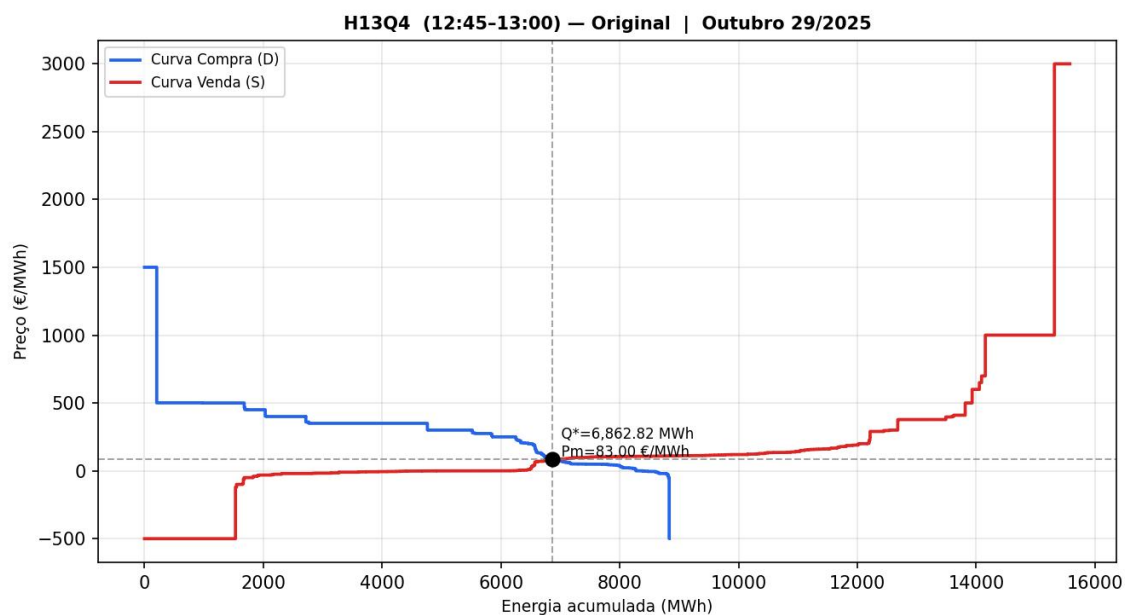


Figura 5.84: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q4 originais

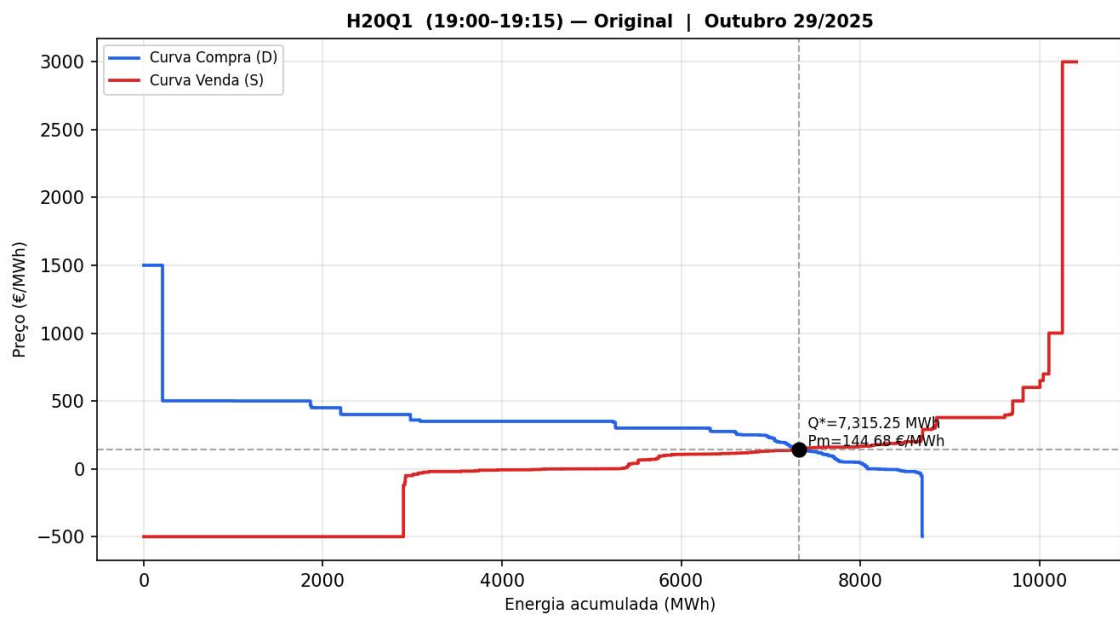


Figura 5.85: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q1 originais

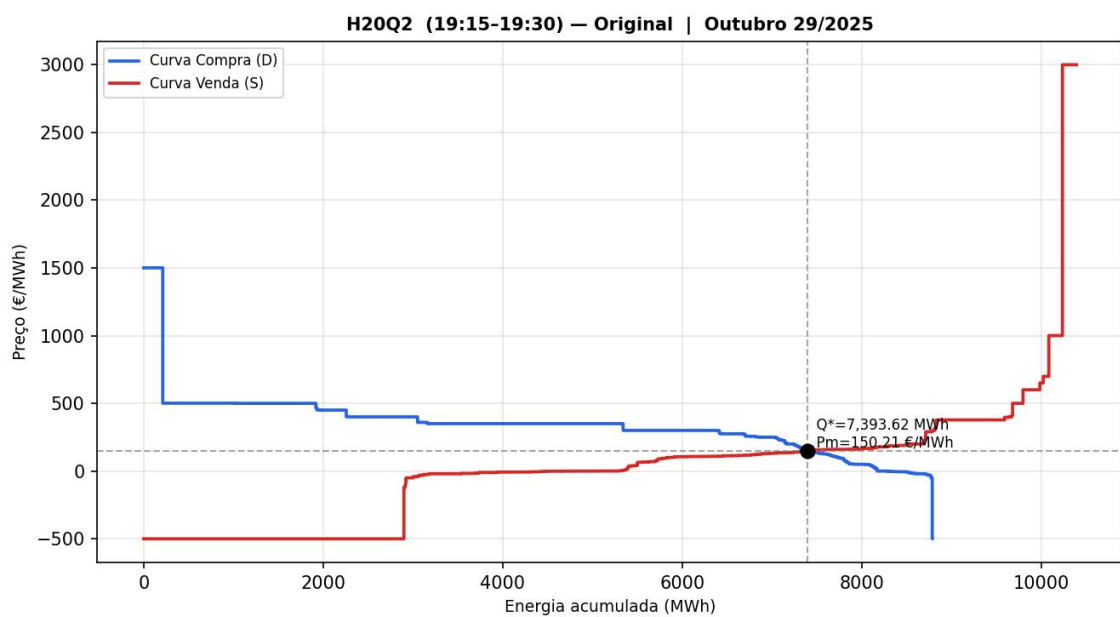


Figura 5.86: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q2 originais

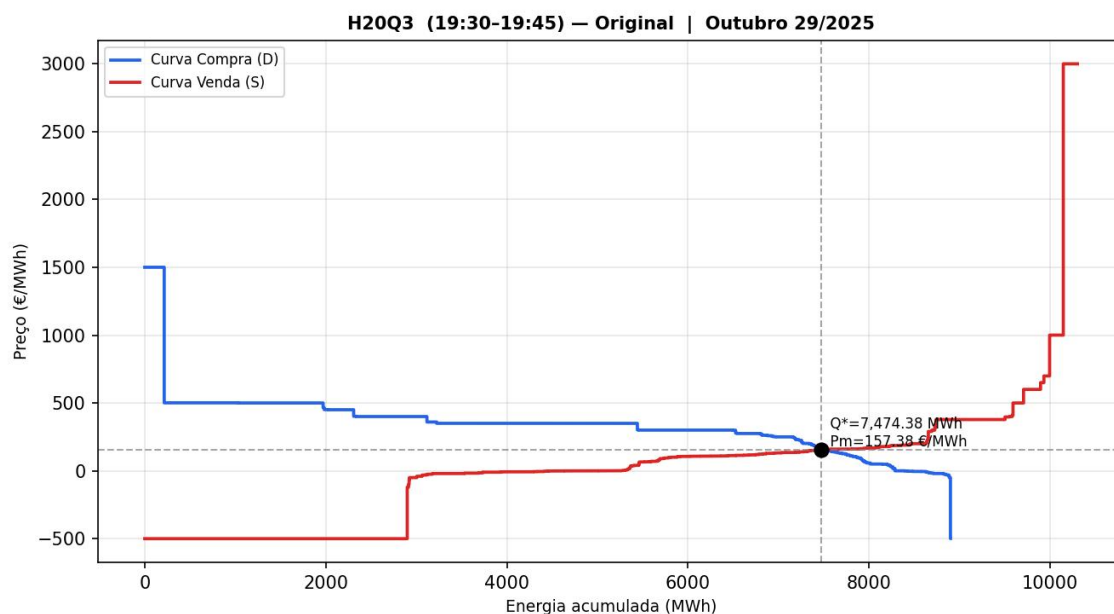


Figura 5.87: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q3 originais

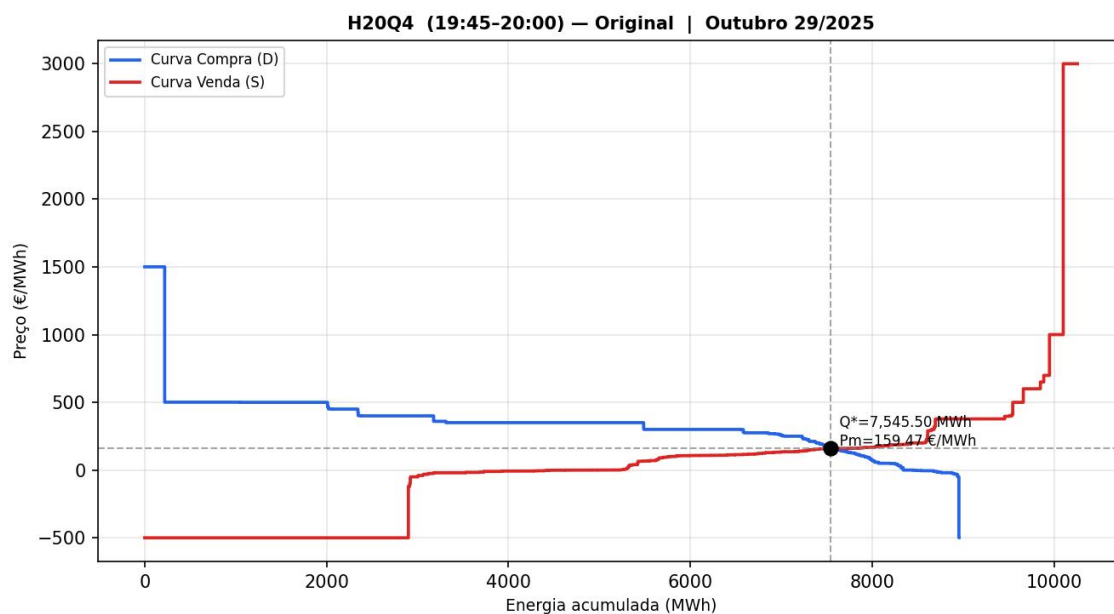


Figura 5.88: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q4 originais

Ao aplicar uma redução de 10% na energia transacionada em cada intervalo da hora 20, sendo ela novamente dividida em duas partes iguais e distribuída pelas outras horas, foram obtidos os resultados seguintes.

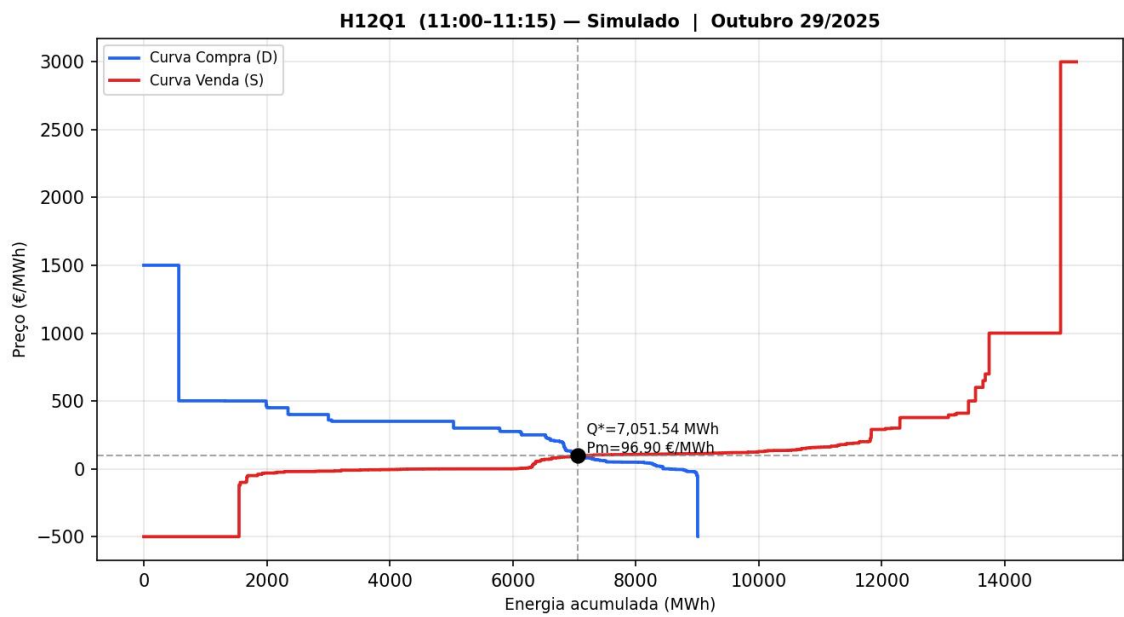


Figura 5.89: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H12Q1 simulado

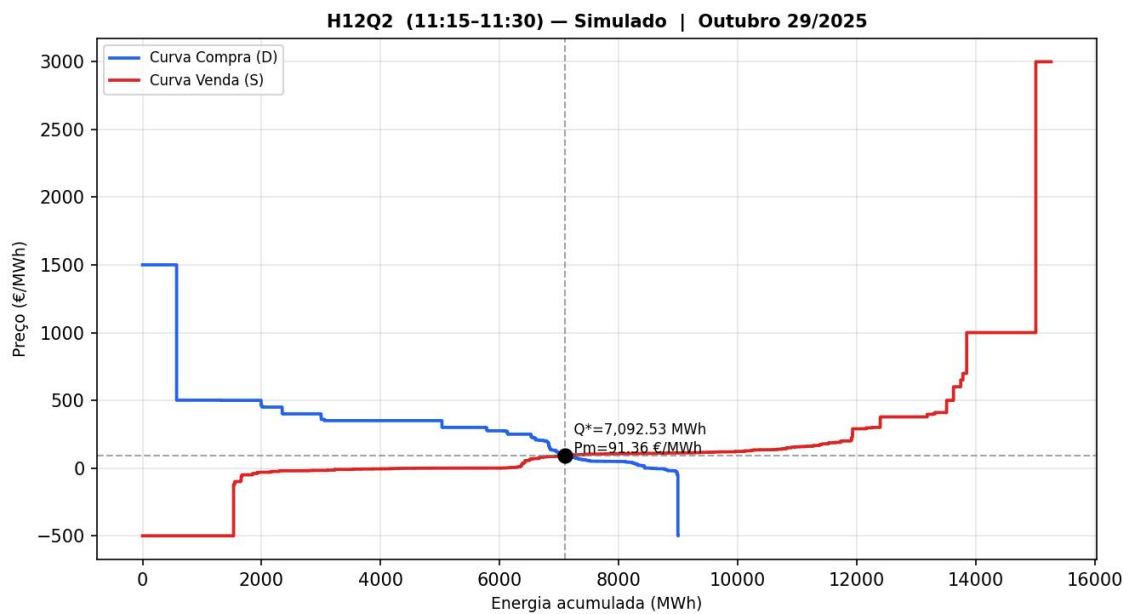


Figura 5.90: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H12Q2 simulado

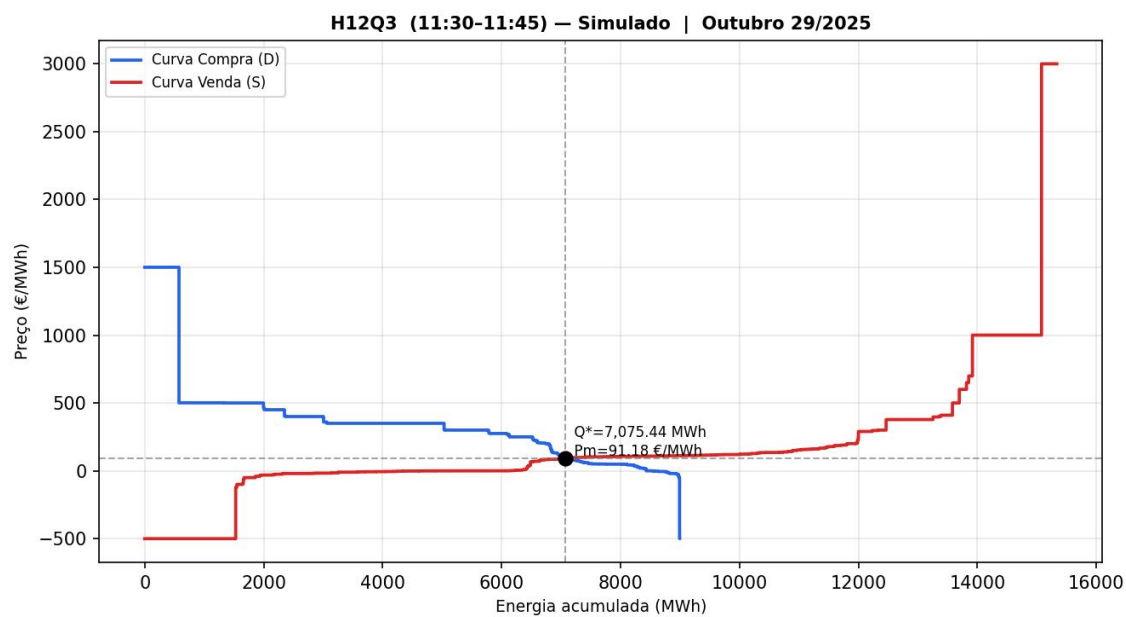


Figura 5.91: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H12Q3 simulado

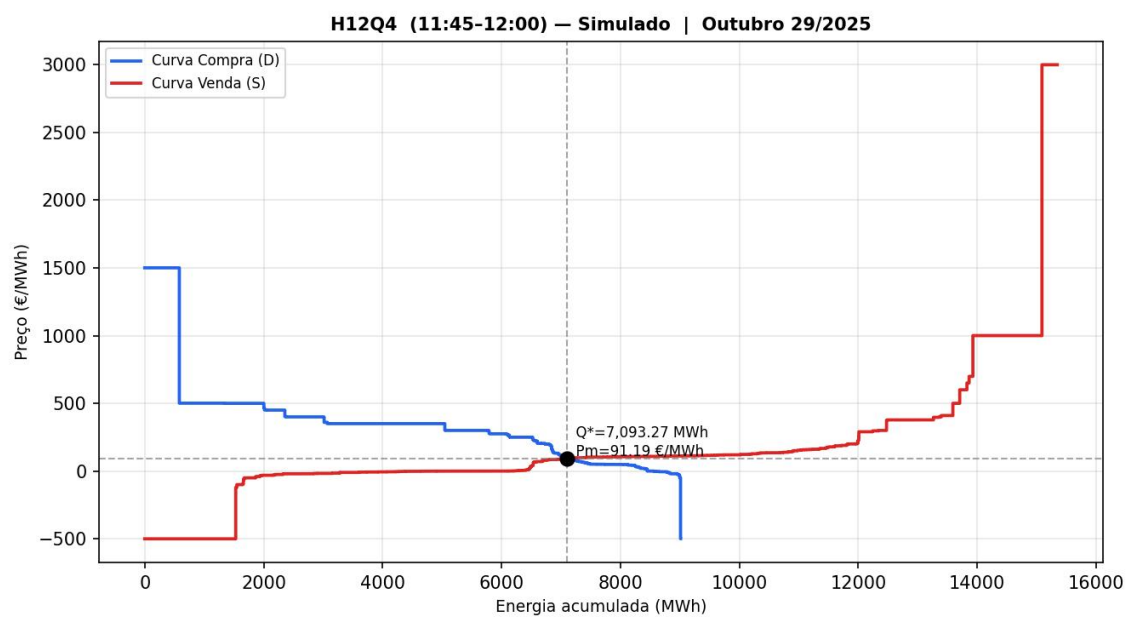


Figura 5.92: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H12Q4 simulado



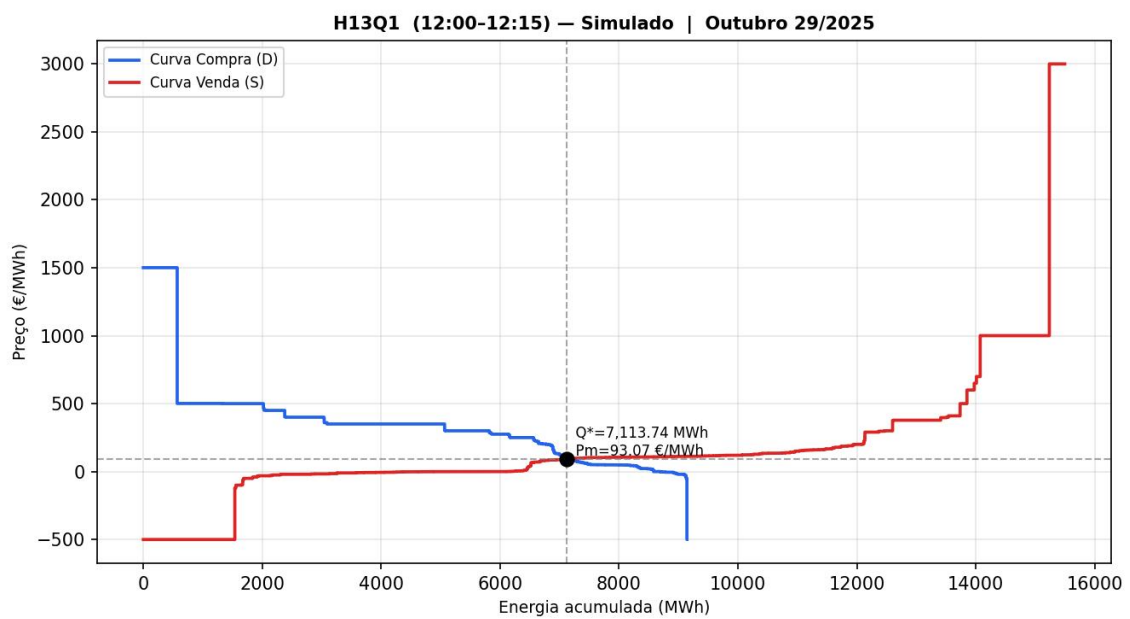


Figura 5.93: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q1 simulado

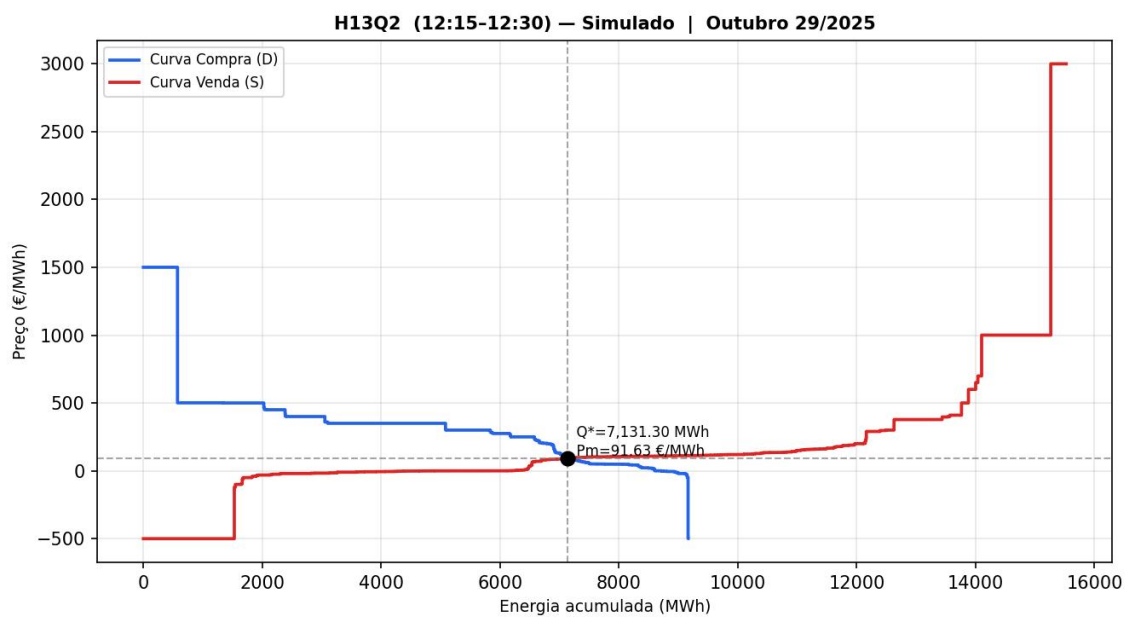


Figura 5.94: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q2 simulado

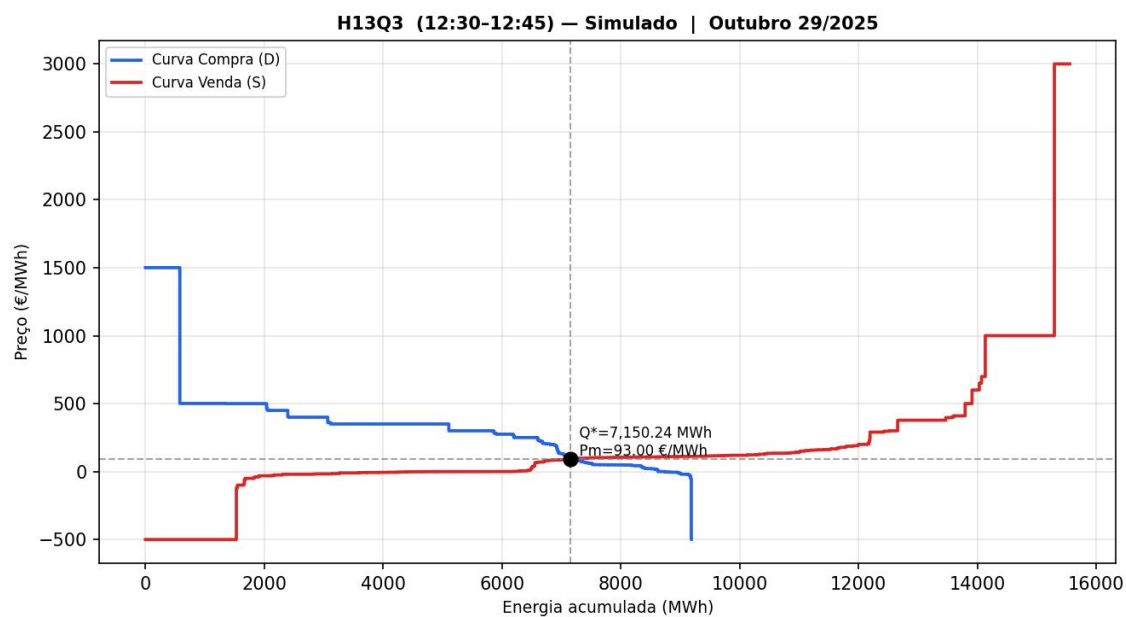


Figura 5.95: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q3 simulado

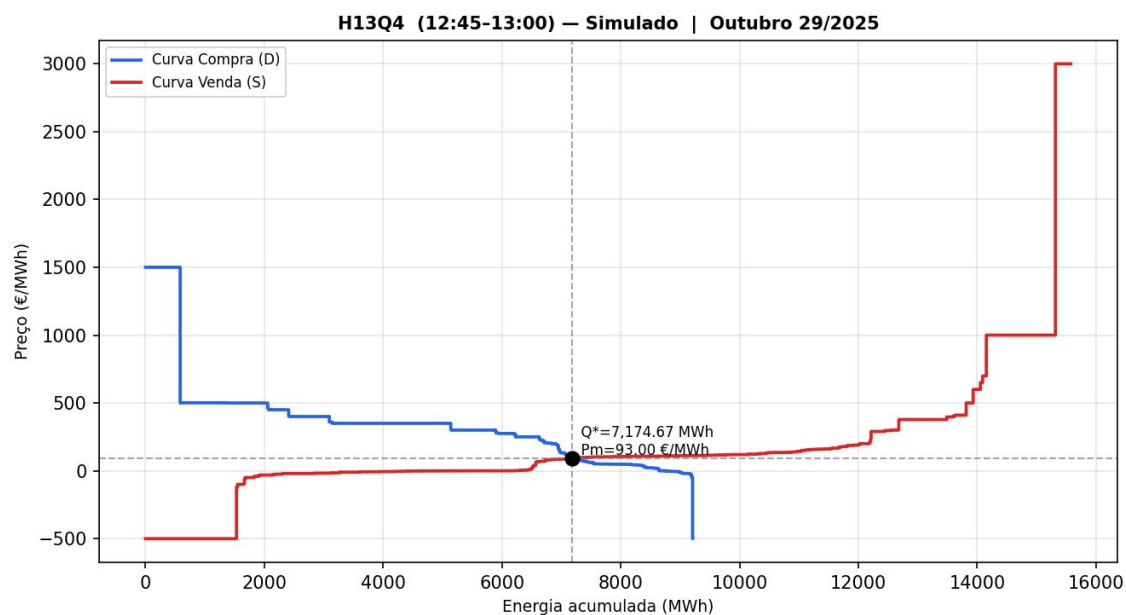


Figura 5.96: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H13Q4 simulado

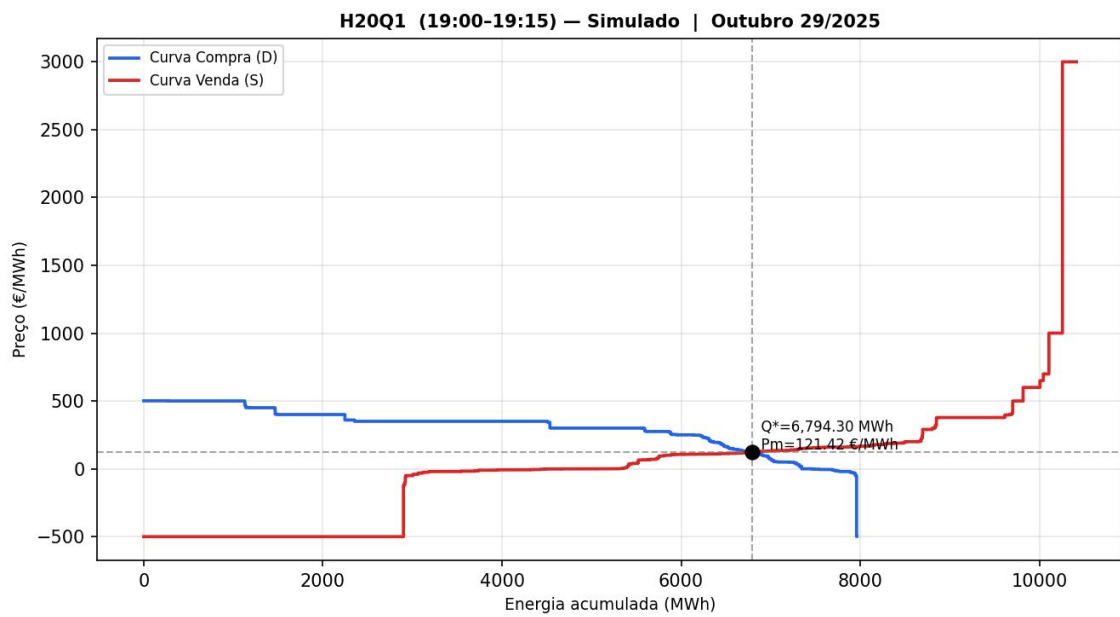


Figura 5.97: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q1 simulado

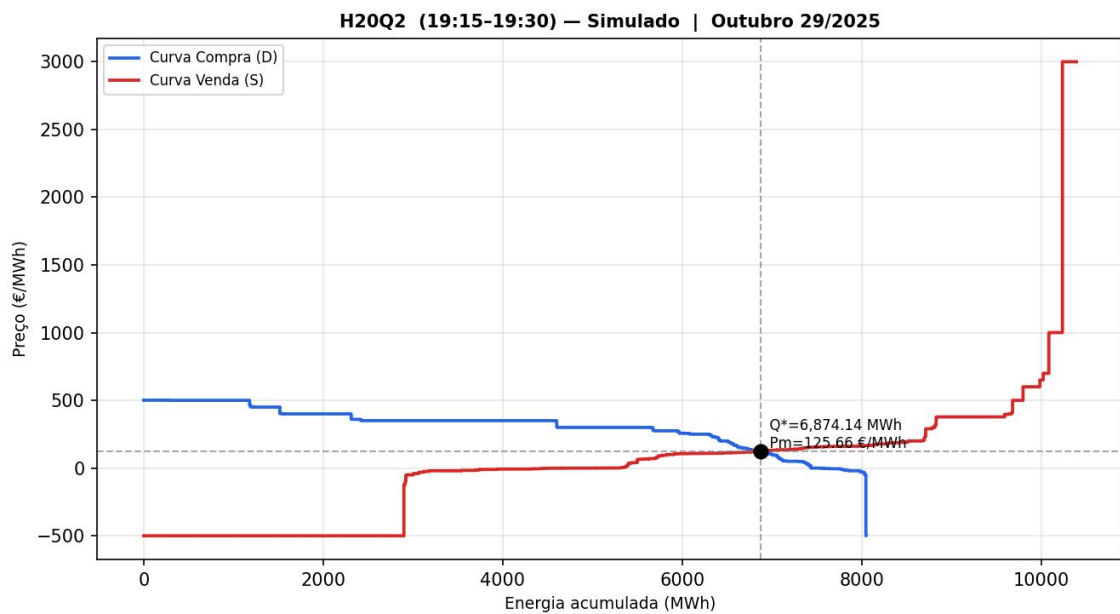


Figura 5.98: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q2 simulado

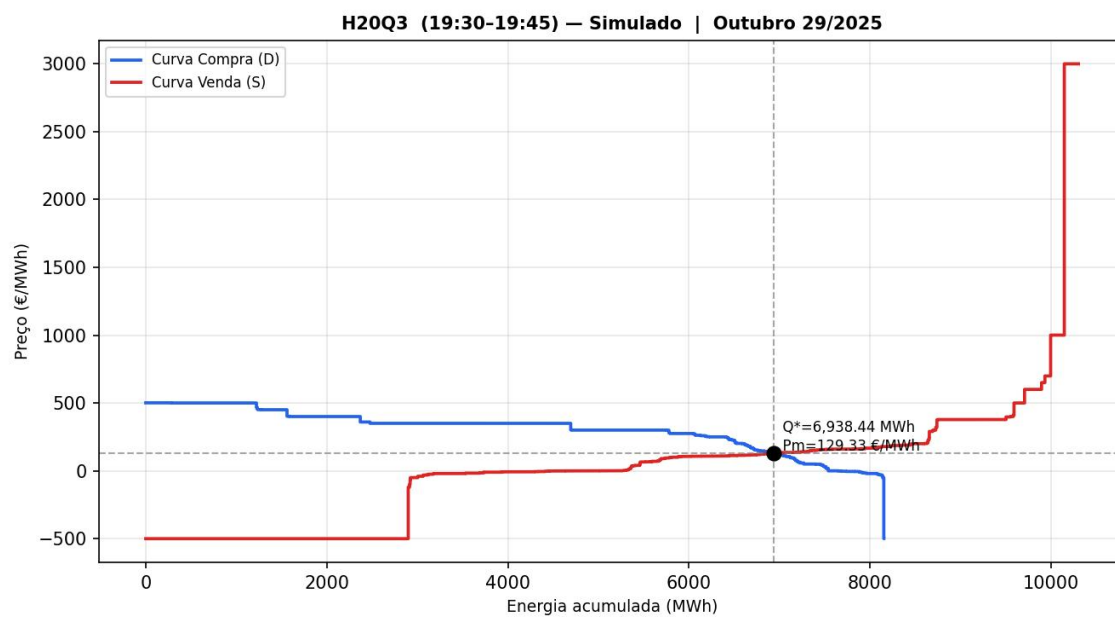


Figura 5.99: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q3 simulado

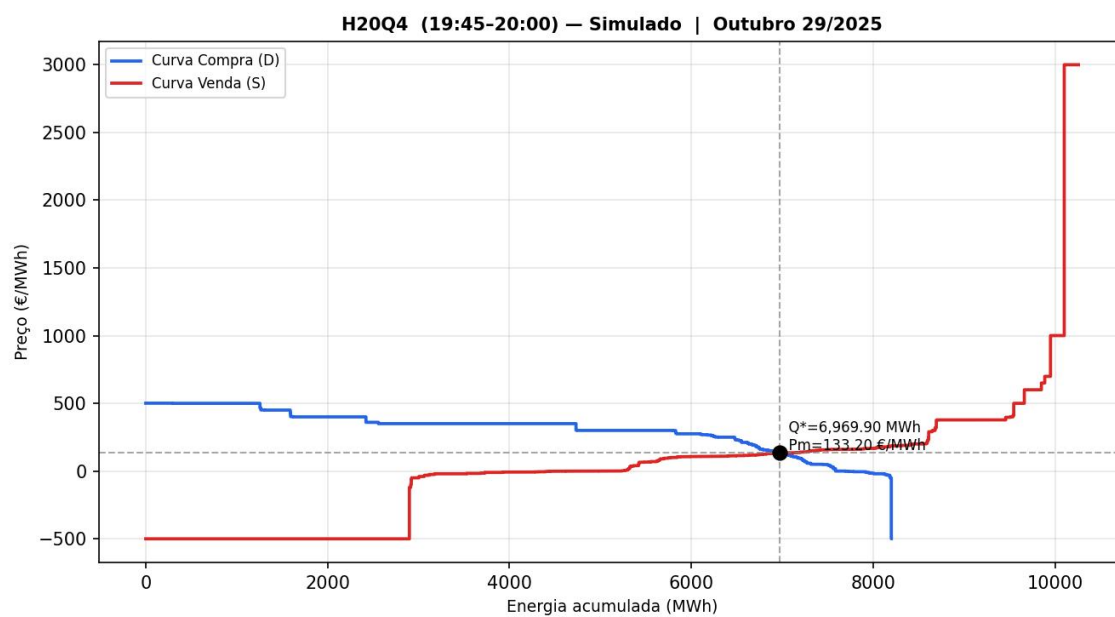


Figura 5.100: Curvas agregadas da oferta e procura para o período H20Q4 simulado

Tabela 5.23: Resultados simulados do dia 29 de outubro

| <b>Períodos</b> | <b>Potência (MW)</b> | <b>Energia (MWh)</b> | <b>Preço Marginal (€/MWh)</b> | <b>Função de Benefício (€)</b> |
|-----------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| H12Q1           | 28 206,16            | 7 051,54             | 96,90                         | 3 989 167,00                   |
| H12Q2           | 28 370,08            | 7 092,52             | 91,36                         | 3 987 602,92                   |
| H12Q3           | 28 301,76            | 7 075,44             | 91,18                         | 3 995 051,16                   |
| H12Q4           | 28 373,08            | 7 093,27             | 91,19                         | 4 009 063,98                   |
| H13Q1           | 28 455,32            | 7 113,83             | 93,08                         | 4 011 412,75                   |
| H13Q2           | 28 525,20            | 7 131,30             | 91,63                         | 4 018 133,08                   |
| H13Q3           | 28 600,96            | 7 150,24             | 93,00                         | 4 032 473,39                   |
| H13Q4           | 28 698,68            | 7 174,67             | 93,00                         | 4 049 358,62                   |
| H20Q1           | 27 177,20            | 6 794,30             | 121,42                        | 3 754 052,77                   |
| H20Q2           | 27 496,56            | 6 874,14             | 125,67                        | 3 782 010,34                   |
| H20Q3           | 27 753,80            | 6 938,45             | 129,32                        | 3 808 465,03                   |
| H20Q4           | 27 879,76            | 6 969,94             | 133,20                        | 3 821 901,87                   |

Nesta simulação, os preços da hora 20 situavam-se entre 144,68 e 159,47 €/MWh, os mais elevados de todos os casos estudados, típicos de dias de outono com menor geração renovável e elevada pressão de procura. A transferência de 10% para as H12 e H13 (preços entre 82,76 e 85,47 €/MWh) resultou numa redução de preço de cerca de 23 a 26 €/MWh na hora de ponta e num aumento de aproximadamente 8 a 10 €/MWh nas horas de destino.

Tabela 5.24: Comparação dos resultados da Função de Benefício Social do dia 29 de outubro

| <b>Cenário</b> | <b>Função de Benefício Social (€)</b> |
|----------------|---------------------------------------|
| Original       | 44 989 002,19                         |
| Simulado       | 47 258 692,91                         |

O valor da Função de Benefício Social aumentou 2 269 690,72 € (5,04%), ilustrando o papel que o armazenamento de energia pode desempenhar na atenuação de picos de preço no MIBEL durante o período de transição para o regime MTU15. A consistência deste resultado com os obtidos noutros dias reforça o potencial das baterias de armazenamento na rede.

## 5.4 Discussão Global dos Casos de Estudo

A análise individualizada de diversos dias de 2025, quer em regime horário quer em MTU15, permite verificar que o impacto da flexibilidade no MIBEL não é uniforme. A Figura 5.101 agrega a variação percentual da Função de Benefício Social para os principais dias simulados.

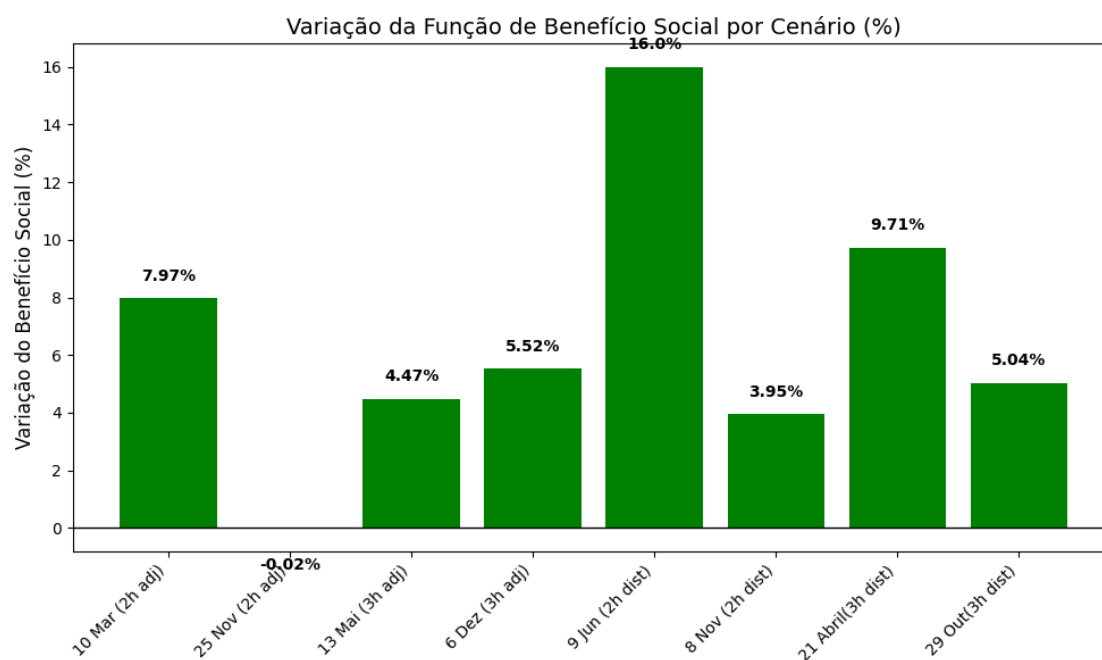


Figura 5.101: Comparação da variação percentual da Função de Benefício Social nos diferentes cenários simulados.

Fica evidente uma dicotomia clara entre as transferências de horas adjacentes e horas distantes. O simples deslocamento de carga entre períodos adjacentes (ex: 10 de março, 25 de novembro) apresenta ganhos limitados ou até mesmo reduções (como os -0,02% a 25 de novembro), fortemente condicionado pela reduzida volatilidade de preços à entrada do pico noturno e pela inclinação das curvas de oferta/procura. A flexibilidade imediata revela-se, assim, sensível à forma local do mercado, exigindo um escrutínio criterioso na sua ativação.

Por outro lado, a realização de transferências de consumo entre horas distantes (apoiada em sistemas de armazenamento) capitaliza de forma evidente a incidência da *duck curve* (ex: 9 de junho). O elevado *spread* entre os períodos de elevada disponibilidade de recurso fotovoltaico e os picos de consumo conduz a ganhos do Benefício Social marcadamente superiores (até 16%), destacando o armazenamento como a via mais eficiente para a monetização da flexibilidade na Península Ibérica.

## 5.5 Análise Mensal

Para realizar uma análise mensal foi criada uma nova ferramenta, que essencialmente é uma extensão direta da primeira, partilhando integralmente a mesma lógica de cálculo de mercado — nomeadamente as funções de interseção de curvas, remoção e adição de ofertas casadas, e cálculo do Benefício Social. A diferença fundamental reside no âmbito temporal da análise: em vez de um dia isolado, esta ferramenta aplica sistematicamente a mesma transferência de energia a todos os dias disponíveis do mês selecionado. Para cada dia, a energia a transferir é calculada

proporcionalmente à energia original transacionada desse dia, garantindo que a percentagem de flexibilidade é consistente ao longo do mês. Os resultados são consolidados num único ficheiro Excel com duas folhas (Benefício Social e Preço Marginal), apresentando as métricas original e simulada para cada dia e período, bem como totais mensais.

Embora a análise diária permita identificar com maior precisão o impacto num perfil de mercado específico, a análise mensal é metodologicamente mais adequada para avaliar o efeito agregado de uma política de flexibilidade comportamental sistemática, na medida em que simula o cenário realista de um consumidor que adota uma regra de deslocamento de consumo constante ao longo do mês, sem acesso a informação de preços em tempo real.

Este estudo também permite eliminar dias atípicos de preços de energia que podem influenciar resultados no estudo de dias isolados. Também identifica padrões sazonais, ao comparar vários meses, detetando se o impacto da flexibilidade é maior em meses de maior volatilidade de preços (ex: inverno vs. verão no MIBEL), o que seria impossível com a realização apenas de testes pontuais.

Esta análise mensal apenas considera 2 horas, as horas 19 e 20 para o documento não ficar demasiado longo. No entanto a simulação poderia ser realizada com outros períodos à escolha do utilizador. Para fácil visualização os meses do regime quarto-horário tiveram os seu valores da Função de Benefício Social somados para estarem em formato horário.



Tabela 5.25: Resultados mensais da Função de Benefício Social em M€

| Mês       | H20 original | H19 original | Total original | H20 simulado | H19 simulado | Total simulado | Diferença de totais |
|-----------|--------------|--------------|----------------|--------------|--------------|----------------|---------------------|
| Janeiro   | 387,11       | 394,02       | 781,12         | 299,23       | 521,28       | 820,50         | +39,38              |
| Fevereiro | 317,12       | 328,13       | 645,25         | 248,96       | 431,41       | 680,37         | +35,12              |
| Março     | 407,59       | 424,17       | 831,75         | 299,60       | 552,21       | 851,81         | +20,06              |
| Abril     | 434,48       | 422,68       | 857,15         | 310,52       | 553,63       | 864,15         | +7,00               |
| Maio      | 494,25       | 500,20       | 994,45         | 356,04       | 640,83       | 996,87         | +2,42               |
| Junho     | 387,84       | 405,37       | 793,22         | 296,94       | 526,90       | 823,84         | +30,62              |
| Julho     | 460,34       | 465,07       | 925,41         | 350,28       | 606,40       | 956,68         | +31,27              |
| Agosto    | 439,87       | 473,74       | 913,61         | 335,99       | 602,62       | 938,61         | +25,00              |
| Setembro  | 390,69       | 394,21       | 784,90         | 318,38       | 509,94       | 828,32         | +43,42              |
| Outubro   | 427,07       | 416,96       | 844,02         | 358,29       | 531,45       | 889,74         | +45,72              |
| Novembro  | 425,52       | 421,43       | 846,95         | 346,90       | 541,46       | 888,36         | +41,41              |
| Dezembro  | 474,35       | 459,92       | 934,27         | 398,10       | 587,09       | 985,19         | +50,92              |

Os resultados da análise mensal apresentados na Tabela 5.25 evidenciam que o aumento do valor da Função de Benefício Social é consistente em todos os meses do ano, com a transferência sistemática de 10% da energia da hora 20 para a hora 19 a gerar ganhos que variam entre 2,42 M€ em maio e 50,92 M€ em dezembro, totalizando um ganho anual acumulado de 372,34 M€. Este estudo mostra que o aumento do valor da Função de Benefício Social não está associado às estações do ano, uma vez que os preços mais elevados abrangem o inverno, o outono e o final do verão.

A análise transversal ao longo de 2025 demonstra que o impacto económico da flexibilidade apresenta uma forte componente sazonal. Contrariamente ao que se poderia antecipar, os meses centrais do ano - tradicionalmente associados à *duck curve* e à forte penetração fotovoltaica - apresentaram ganhos globalmente inferiores. Em oposição, foi no período compreendido entre setembro e fevereiro que se observaram os resultados mais expressivos, sistematicamente acima dos 35% de ganho na Função de Benefício Social. Este fenómeno justifica-se por dois fatores principais:

- Em primeiro lugar, a maior volatilidade e os elevados diferenciais de preço no pico de consumo de inverno (associados ao aumento da procura térmica e dias de anticiclone, um sistema atmosférico em que o ar desce em direção à superfície provocando secas temporárias e ausência de vento que por si causam menor disponibilidade das energias hídrica e eólica);
- Em segundo lugar, os meses em regime MTU15 (outubro a dezembro) que apresentam os três maiores ganhos mensais, cuja granularidade temporal de 15 minutos permitiu capturar com maior precisão os picos instantâneos de preço e explorar com mais detalhe e maximizar os diferenciais aproveitáveis de preço intrahorários durante a deslocação do consumo.

A coluna da diferença de totais confirma que em nenhum mês de 2025 a aplicação sistemática de flexibilidade resultou numa redução do Benefício Social, reforçando a robustez da conclusão de que a deslocação de carga da hora de ponta para a hora anterior é sempre economicamente benéfica no contexto do MIBEL, independentemente da época do ano.

## Capítulo 6

# Conclusão

### 6.1 Síntese dos Resultados Obtidos

A presente dissertação quantificou o impacto da realização de transferências de consumo nos preços do mercado diário do MIBEL e no valor da Função de Benefício Social, através do desenvolvimento de uma ferramenta computacional em Python que simula transferências de consumo entre períodos horários e de quarto de hora, recorrendo a dados reais das curvas de oferta e procura disponibilizados pelo OMIE para todos os dias de 2025.

Os resultados obtidos demonstram que a deslocação de consumo entre períodos de preço elevado e períodos de preço mais reduzido gera benefícios económicos mensuráveis, traduzidos num aumento da Função de Benefício Social. Nos cenários de dias isolados, verificou-se que o impacto da flexibilidade depende fundamentalmente de dois factores: o diferencial de preço entre as horas envolvidas e a elasticidade local das curvas de oferta e procura em cada período. Os ganhos de Benefício Social variaram entre os 3,95% no dia 8 de novembro (regime MTU15, horas distantes) e os 16,00% no dia 9 de junho (regime horário, horas distantes), sendo este último o caso mais expressivo de todos os cenários analisados, associado ao elevado diferencial de preço característico da *duck curve* nos meses de verão.

A análise de horas adjacentes revelou que, em dias com diferencial de preço reduzido entre as horas envolvidas — como o dia 25 de novembro, onde as horas 19 e 20 apresentavam preços muito próximos — a transferência de consumo pode não gerar um ganho líquido de Benefício Social, ou mesmo provocar uma ligeira redução. Este resultado é relevante pois demonstra que a realização de transferências de consumo não é universalmente benéfica em qualquer condição de mercado: a sua ativação deve ser orientada por sinais de preço suficientemente expressivos para justificar o esforço de deslocação de consumo.

A análise de horas distantes, que deverá estar associada à existência de capacidade de armazenamento em baterias (BESS), produziu os ganhos mais elevados em todos os cenários estudados. O diferencial intradiário de preço no MIBEL em 2025 — particularmente pronunciado nos meses de verão devido ao fenómeno da *duck curve*, com preços nas horas de forte incidência solar a atingirem valores próximos de zero e preços de ponta noturna acima dos 90 €/MWh — confere

um valor económico muito significativo ao armazenamento de energia e à flexibilidade de maior duração.

Na análise mensal sistemática, a transferência de apenas 10% do consumo da hora 20 para a hora 19, aplicada a todos os dias de 2025, gerou um aumento acumulado de 372,34 M€ no Benefício Social, com variações positivas em todos os meses do ano sem exceção. Os meses de outono e inverno em regime MTU15 — outubro (45,72 M€), novembro (41,41 M€) e dezembro (50,92 M€) — registaram os ganhos mais elevados, enquanto maio apresentou o ganho mais reduzido (2,42 M€), reflexo de uma pequena variação do preço entre as horas 19 e 20 nesse mês. A consistência deste resultado ao longo de todo o ano reforça a robustez da conclusão principal: a deslocação sistemática de carga da hora de ponta para a hora anterior é sempre economicamente benéfica no contexto do MIBEL em 2025.

A transição para o regime MTU15 em outubro de 2025 não diminuiu a eficácia da flexibilidade — pelo contrário, a maior granularidade temporal permitiu captar com maior detalhe os diferenciais de preço intrahorários, contribuindo para os três maiores ganhos mensais do ano.

## 6.2 Propostas de Trabalhos Futuros

De forma a melhorar a metodologia utilizada neste estudo é importante tornar o processo de recolha de dados mais automatizado, uma vez que a recolha de dados efetuada no site do Operador de Mercado implica transferir individualmente o ficheiro relativo a cada dia para todos os dias de cada mês. O processo é moroso pois implica igualmente a transferência e filtração de todas as horas de forma a que os seus dados se tornem aptos a serem utilizados na ferramenta.

Relativamente aos resultados obtidos, os mesmos abrem diversas linhas de investigação que poderão aprofundar e complementar o presente trabalho:

- **Análise de diferentes percentagens de transferência** - o presente estudo utilizou predominantemente transferências de 10% a 20% da energia transacionada. Uma análise de sensibilidade sistemática às percentagens de transferência permitiria identificar o limiar a partir do qual o *spread* de preços deixa de ser compensado pelo ganho de Benefício Social, determinando a percentagem óptima de flexibilidade para cada tipo de dia;
- **Extensão a mais horas e a outros pares de horas** - a análise mensal focou-se exclusivamente na transferência da hora 20 para a hora 19. A aplicação da mesma metodologia a outros pares de horas — nomeadamente transferências envolvendo as horas de maior geração solar (12h-14h) — permitiria avaliar o potencial total de flexibilidade disponível ao longo do dia;
- **Análise do impacto distributivo** - o presente trabalho avaliou o efeito agregado da flexibilidade na Função de Benefício Social. Uma análise desagregada por tipo de consumidor — industrial, residencial, agregadores — permitiria avaliar se os benefícios se distribuem de forma equitativa ou se determinados segmentos podem resultar prejudicados pela deslocação de carga de outros;

- **Integração com o mercado intradiário** - a ferramenta desenvolvida simulou apenas o mercado diário. A extensão da análise ao mercado intradiário (leilões e plataforma XBID) permitiria avaliar se a flexibilidade gera valor adicional nas sessões de ajuste pós-fecho do mercado diário;
- **Aplicação a anos futuros com maior penetração renovável** - com a entrada em operação de nova capacidade solar e eólica prevista para 2026-2030 na Península Ibérica, os diferenciais intradiários de preço deverão acentuar-se. A aplicação da metodologia desenvolvida a cenários prospetivos permitiria estimar o valor crescente da flexibilidade à medida que a penetração renovável aumenta.



# Bibliografia

- [1] Erik Andersson e Jonathan Ek. «A Swedish Perspective on Aggregators and Local Flexibility Markets». Master's Thesis. KTH Royal Institute of Technology, 2021. URL: <https://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:1586195/FULLTEXT01.pdf>.
- [2] ERSE - Energy Services Regulatory Authority. *ERSE discussed decentralisation and flexibility in the context of the emergence of local energy markets*. Acessado em: 29 out. 2025. 2023. URL: <https://www.erse.pt/en/communication/highlights/erse-discussed-decentralisation-and-flexibility-in-the-context-of-the-emergence-of-local-energy-markets/>.
- [3] Stamatios Chondrogiannis et al. *Local Electricity Flexibility Markets in Europe*. EUR 31194 EN. European Commission, Joint Research Centre, 2022. DOI: 10.2760/9977. URL: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC130070>.
- [4] CIRED Working Group 2021-2. *Network Planning and System Design With Flexibility*. Rel. téc. 2024. URL: [https://www.cired.net/wp-content/uploads/2024/12/compr\\_wg-2021-2\\_\\_final-report-1.pdf](https://www.cired.net/wp-content/uploads/2024/12/compr_wg-2021-2__final-report-1.pdf).
- [5] Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG). *Mecanismo Ibérico de Ajuste dos Custos de Produção de Energia Elétrica*. 2024. URL: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/precos-de-energia/mecanismo-iberico/>.
- [6] Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG). *Mercado Diário do MIBEL*. 2024. URL: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-transversais/mercados-e-mecanismos-de-capacidade/mibel/mercado-diario/>.
- [7] Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG). *MIBEL — Mercado Ibérico de Eletricidade*. Consultado em 2025-12-3. Out. de 2022. URL: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-transversais/mercados-e-mecanismos-de-capacidade/mibel/>.
- [8] DNV e Agora Energiewende. *Boosting flexibility in distribution grids*. Rel. téc. 2024. URL: [https://www.agora-energiewende.org/fileadmin/Projekte/2023/2023-23\\_EU\\_boosting\\_flexibility/24-0184\\_Rev.2\\_DNV\\_Report\\_Agora\\_Energiewende.pdf](https://www.agora-energiewende.org/fileadmin/Projekte/2023/2023-23_EU_boosting_flexibility/24-0184_Rev.2_DNV_Report_Agora_Energiewende.pdf).

- [9] E-REDES. *FIRMe 2.0 – Abertura de 2.ª vaga de leilões de flexibilidade local*. Notícia. Consultado em: 12-12-2025. 2025. URL: <https://www.e-redes.pt/pt-pt/noticias/2025/08/13/firme-20-abertura-de-2a-vaga-de-leiloes-de-flexibilidade-local>.
- [10] E-REDES. *FIRMe: E-REDES formaliza contratos e antevê novo leilão*. Notícia. Consultado em: 12-12-2025. 2024. URL: <https://www.e-redes.pt/pt-pt/noticias/2024/03/21/firme-e-redes-formaliza-contratos-e-anteve-novo-leilao>.
- [11] E-REDES. *FIRMe: Flexibilidade Integrada em Regime de Mercado*. Página institucional. Consultado em: 12-12-2025. 2024. URL: <https://www.e-redes.pt/pt-pt/transicao-energetica/inovacao-e-desenvolvimento/firme>.
- [12] E-REDES. *OneNet*. Página institucional de projetos europeus. Consultado em: 15-12-2025. 2024. URL: <https://www.e-redes.pt/pt-pt/transicao-energetica/inovacao-e-desenvolvimento/projetos-europeus/onenet>.
- [13] Enedis. *Results of 2021 local flexibilities services Call for Tenders*. Rel. téc. 2021. URL: <https://www.enedis.fr/media/2962/download>.
- [14] Enedis. *Results of the 2024 Local Flexibility tenders*. Rel. téc. Jun. de 2024. URL: <https://www.enedis.fr/sites/default/files/documents/pdf/press-release-enedis-local-flexibilities-2024.pdf>.
- [15] enera consortium. *enera project magazine*. Rel. téc. 2021. URL: <https://projekt-enera.de/wp-content/uploads/enera-project-magazine.pdf>.
- [16] Energy Networks Association. *Flexibility Services*. 2024. URL: <https://www.energynetworks.org/industry/flexibility-services> (acedido em 07/01/2026).
- [17] Energy Networks Association. «GB cements status as world leader in energy flexibility with estimated £300m savings in 2024». Em: *ENA Newsroom* (jun. de 2025). URL: <https://www.energynetworks.org/newsroom/gb-cements-status-as-world-leader-in-energy-flexibility-with-estimated-gbp-300m-savings-in-2024>.
- [18] Enlit World. «Why Norway is a northern light for energy flexibility». Em: *Enlit World* (out. de 2024). URL: <https://www.enlit.world/library/why-norway-is-a-northern-light-for-energy-flexibility>.
- [19] EPEX SPOT. «Enera: On the quest for the price of flexibility». Em: *EPEX SPOT Annual Report 2020* (2020). URL: <https://www.epexspot.com/sites/default/files/sites/annual-report-2020/innovation/enera-on-the-quest-for-the-price-of-flexibility.html>.
- [20] EPEX SPOT. *EPEX SPOT & Local Flexibility - GOPACS developments*. Rel. téc. 2024. URL: [https://flexcon.energy/wpcms/wp-content/uploads/2024/10/Day1\\_EPEX-Spot-Local-Flexibility.pdf](https://flexcon.energy/wpcms/wp-content/uploads/2024/10/Day1_EPEX-Spot-Local-Flexibility.pdf).



- [21] ERRA. *Solutions to prevent grid "scarcity" and foster renewable energies development: the French solution*. Rel. téc. 2024. URL: [https://erranet.org/wp-content/uploads/2024/10/S1P5\\_Faucheux\\_French-solution-to-grid-scarcity\\_Chairmen\\_Oct2024-1.pdf](https://erranet.org/wp-content/uploads/2024/10/S1P5_Faucheux_French-solution-to-grid-scarcity_Chairmen_Oct2024-1.pdf).
- [22] ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. *Análise da capacidade de interligação Portugal-Espanha e monitorização do cumprimento dos níveis mínimos da capacidade disponível para comércio interzonal (MACZT) em 2023*. Rel. téc. Consultado em: 3-12-2025. ERSE, set. de 2024. URL: <https://www.erse.pt/media/pael2atd/relat%C3%B3rio-final-an%C3%A1lise-interliga%C3%A7%C3%A3o-e-monitoriza%C3%A7%C3%A3o-maczt-2023.pdf>.
- [23] ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. *Relatório de Monitorização do Uso das Receitas das Rendas de Congestionamento em 2025*. Rel. téc. Acedido em junho de 2026. Lisboa, Portugal: Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), mar. de 2026. URL: <https://www.erse.pt/media/kopdauhv/relat%C3%B3rio-de-monitoriza%C3%A7%C3%A3o-do-uso-das-rendas-de-congestionamento-em-2025.pdf>.
- [24] Eurelectric. *Benchmark on local flexibilities for DSO*. Rel. téc. 2021. URL: [https://eurelectric.org/wp-content/uploads/2024/07/local-flexibility-benchmark-summary\\_eurelectric\\_2021-11-10-vf.pdf](https://eurelectric.org/wp-content/uploads/2024/07/local-flexibility-benchmark-summary_eurelectric_2021-11-10-vf.pdf).
- [25] GOPACS. *GOPACS - Platform for congestion management*. 2024. URL: <https://www.gopacs.eu/en/> (acedido em 07/01/2026).
- [26] GOPACS. *How does GOPACS work?* 2024. URL: <https://www.gopacs.eu/en/how-does-gopacs-work/> (acedido em 07/01/2026).
- [27] GOPACS. *What is GOPACS? A central market platform for congestion services*. 2024. URL: <https://www.gopacs.eu/en/what-is-gopacs/> (acedido em 07/01/2026).
- [28] Idealista News. *Preço médio mensal da eletricidade no mercado ibérico em alta*. Jan. de 2022. URL: <https://www.idealista.pt/news/financas/economia/2022/02/01/50777-preco-medio-mensal-da-eletricidade-no-mercado-iberico-em-alta>.
- [29] Xinxin Jin, Qiuwei Wu e Hongjie Jia. «Local Flexibility Market Design for Aggregators Providing Multiple Flexibility Services at Distribution Networks». Em: *IEEE Transactions on Smart Grid* 11.4 (2020), pp. 3142–3154. DOI: 10.1109/TSG.2020.2966207.
- [30] Yusuf Latief. «GOPACS and Nord Pool enhance access to electricity flexibility». Em: *Enlit World* (out. de 2024). URL: <https://www.enlit.world/library/gopacs-and-nord-pool-enhance-access-to-electricity-flexibility>.
- [31] Fengji Luo et al. «Local Flexibility Markets for Energy Communities: A Game-Theoretic Model With Peer-to-Peer and Community Objectives». Em: *IEEE Transactions on Smart Grid* 15.2 (2024), pp. 1234–1247. DOI: 10.1109/TSG.2023.3305678.

- [32] MIBEL. *Descrição do Funcionamento do MIBEL*. Acedido em 2025-11-01. 2009. URL: [https://www.mibel.com/wp-content/uploads/2018/08/Descricao\\_Funcionamento\\_MIBEL\\_Marco\\_2009.pdf](https://www.mibel.com/wp-content/uploads/2018/08/Descricao_Funcionamento_MIBEL_Marco_2009.pdf).
- [33] NODES Market. *NorFlex: making local flexibility available to Transmission System Operator (TSO) mFRR market*. 2024. URL: <https://nodesmarket.com/use-cases/norflex-making-local-flexibility-available-to-transmission-system-operator-tso-mfrr-market/> (acedido em 07/01/2026).
- [34] NODES Market. *sthlmflex*. 2024. URL: <https://nodesmarket.com/sthlmflex/> (acedido em 07/01/2026).
- [35] NODES Market. *Successful start for Euroflex*. Mai. de 2024. URL: <https://nodesmarket.com/successful-start-for-euroflex/> (acedido em 07/01/2026).
- [36] Nordic Energy Research. *Market design options for procurement of flexibility*. Rel. téc. 2021. URL: <https://www.nordicenergy.org/wordpress/wp-content/uploads/2021/06/Market-design-options-for-procurement-of-flexibility-1.pdf>.
- [37] OMIClear – C.C., S.A. *Relatório de Gestão e Contas 2018*. Acedido em junho de 2026. 2019. URL: [https://www.omiclear.pt/sites/default/files/2019-12/omiclear\\_relatorio\\_gestao\\_e\\_contas\\_2018\\_com\\_parecer.pdf](https://www.omiclear.pt/sites/default/files/2019-12/omiclear_relatorio_gestao_e_contas_2018_com_parecer.pdf).
- [38] OMIClear – C.C., S.A. *Relatório de Gestão e Contas 2020*. Acedido em junho de 2026. 2021. URL: [https://www.omip.pt/sites/default/files/2021-10/omiclear2020\\_pt018\\_compressed\\_pt\\_final\\_0.pdf](https://www.omip.pt/sites/default/files/2021-10/omiclear2020_pt018_compressed_pt_final_0.pdf).
- [39] OMIE. *ONENET*. Secção de projetos de inovação da OMIE. Consultado em: 15-12-2025. 2024. URL: <https://www.omie.es/pt/division-innovacion/proyectos/onenet>.
- [40] OMIE. *Projeto OneNet*. Página institucional do Grupo OMI. Consultado em: 15-12-2025. 2024. URL: <https://www.grupoomi.eu/pt/projeto-onenet>.
- [41] OMIE - Operador do Mercado Ibérico de Energia. *Curvas agregadas de oferta e demanda do mercado diário MIBEL*. Resultados de mercado online. Acedido em 2025-12-01. Out. de 2025. URL: <https://www.omie.es/pt/market-results/daily/daily-market/aggragate-suply-curves?scope=daily&date=2025-10-20&hour=39>.
- [42] OMIE – Operador del Mercado Ibérico de Energía. *Evolução do Mercado da Electricidade – Relatório Anual 2020*. Acedido em junho de 2026. 2021. URL: [https://www.omie.es/sites/default/files/2021-01/informe\\_anual\\_2020\\_pt.pdf](https://www.omie.es/sites/default/files/2021-01/informe_anual_2020_pt.pdf).
- [43] OMIE – Operador del Mercado Ibérico de Energía. *Evolução do Mercado da Electricidade – Relatório Anual 2024*. 2025. URL: <https://www.omie.es/sites/default/files/2025-02/informe-anual-pt.pdf>.

- [44] OMIE – Operador del Mercado Ibérico de Energía. *Mínimo, Médio e Máximo Preço da Casação do Mercado Diário – Resultados Interanuais*. 2026. URL: <https://www.omie.es/pt/market-results/interannual/daily-market/daily-prices?scope=interannual>.
- [45] OPTIGRID Consortium. *Market splitting scenarios in MIBEL*. Rel. téc. Consultado em: 06-01-2026. LNEG / Projeto OPTIGRID, 2021. URL: <https://optigrid.lneg.pt/>.
- [46] Piclo. *Piclo delivers a flexible power-market 'first' through partnership with National Grid*. Jun. de 2025. URL: <https://www.piclo.com/press-releases/piclo-delivers-a-flexible-power-market-first-through-partnership-with-national-grid> (acedido em 07/01/2026).
- [47] pv magazine. «AI helps UK DSO deliver 4.4 GWh of day-ahead flexibility in one year». Em: *pv magazine* (abr. de 2025). URL: <https://www.pv-magazine.com/2025/04/23/ai-helps-uk-dso-deliver-4-4-gwh-of-day-ahead-flexibility-in-one-year/>.
- [48] Ana Ramos et al. «Realizing the Smart Grid's Potential: Defining Local Markets for Flexibility». Em: *Utilities Policy* 40 (2019), pp. 26–35. DOI: 10.1016/j.jup.2016.03.006.
- [49] REN – Redes Energéticas Nacionais. *Eletricidade – Mercado Diário*. 2026. URL: <https://datahub.ren.pt/pt/eletricidade/mercado/>.
- [50] Rafiqi Muh Ruwaida et al. «TSO-DSO-Customer Coordination for Purchasing Flexibility System Services: A Dutch Case Study». Em: *IEEE Transactions on Power Systems* 37.6 (2022), pp. 4277–4288. DOI: 10.1109/TPWRS.2022.3161656.
- [51] S&P Global Commodity Insights. «Interview: Piclo pursues rapid gains in longer-term power market reform». Em: *S&P Global* (ago. de 2023). URL: <https://www.spglobal.com/energy/en/news-research/latest-news/energy-transition/082123-interview-piclo-pursues-rapid-gains-in-longer-term-power-market-reform>.
- [52] *Sessão ConVERSE "Flexibilidade: A emergência dos mercados locais de energia" Perspectiva da E-REDES*. Rel. téc.
- [53] SINTEF. *Pilot project: NODES flexibility platform*. Rel. téc. SINTEF Energy Research, 2021. URL: [https://www.sintef.no/globalassets/project/cineldi/pilot-projects/nodes-flexibility-platform\\_innovasjon.pdf](https://www.sintef.no/globalassets/project/cineldi/pilot-projects/nodes-flexibility-platform_innovasjon.pdf).
- [54] SINTEF. *Value of grid friendly flexibility from smart water heaters*. 2022. URL: [https://smartgrids.no/app/uploads/2022/12/NSGC\\_2022\\_03\\_IDE\\_Value-of-grid-friendly-flexibility-from-smart-water-heaters.pdf](https://smartgrids.no/app/uploads/2022/12/NSGC_2022_03_IDE_Value-of-grid-friendly-flexibility-from-smart-water-heaters.pdf) (acedido em 07/01/2026).
- [55] Joana Sousa e Isabel Soares. «Demand response potential: An economic analysis for MIBEL and EEX». Em: *Energy* 244 (abr. de 2022). ISSN: 03605442. DOI: 10.1016/j.energy.2021.122624.

- [56] Svenska Kraftnät. *Information meeting in English, sthlmflex 2021-04-27*. Rel. téc. 2021. URL: <https://www.svk.se/4ab623/siteassets/2.utveckling-av-kraftsystemet/forskning-och-utveckling/sthlmflex/information-meeting-210427-sthlmflex-eng.pdf>.
- [57] Think SmartGrids. «Flexibility of the power system: a key issue for a successful energy transition». Em: *Think SmartGrids* (mar. de 2021). URL: <https://www.thinksmartgrids.fr/en/actualites/flexibility-of-the-power-system-a-key-issue-for-a-successful-energy-transition/>.
- [58] Transport & Energy. «UK Power Networks’ DSO boosts flexibility». Em: *Transport & Energy* (abr. de 2025). URL: <https://transportandenergy.com/2025/04/23/uk-power-networks-dso-boosts-flexibility/>.
- [59] José Villar, Ricardo Bessa e Manuel Matos. «Flexibility products and markets: Literature review». Em: *Electric Power Systems Research* 154 (2018), pp. 329–340. DOI: 10.1016/j.epsr.2017.09.005.
- [60] Voltalis. *French DSO Enedis chooses Voltalis to contribute to grid flexibility*. 2024. URL: <https://group.voltalis.com/en/content-type/press-releases/grd-enedis-voltalis-7041> (acedido em 07/01/2026).

**Anexo A**

**Anexos**

Tabela A.1: Função de Benefício Social mensal – Janeiro (Hora 19 e 20)

| Dia          | Original (€)          |                       |                       | Simulado (€)          |                       |                       |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|              | H20                   | H19                   | Total                 | H20                   | H19                   | Total                 |
| 1            | 10 106 646,66         | 9 319 715,49          | 19 426 362,15         | 8 513 478,62          | 12 459 962,28         | 20 973 440,90         |
| 2            | 12 124 884,88         | 11 904 724,75         | 24 029 609,63         | 10 230 043,14         | 15 884 391,09         | 26 114 434,23         |
| 3            | 12 400 439,38         | 12 134 862,65         | 24 535 302,03         | 10 512 219,94         | 16 111 523,33         | 26 623 743,27         |
| 4            | 10 736 252,04         | 12 240 695,30         | 22 976 947,34         | 7 906 317,89          | 15 810 385,72         | 23 716 703,61         |
| 5            | 11 463 885,71         | 10 441 498,16         | 21 905 383,87         | 9 462 689,59          | 14 406 400,08         | 23 869 089,67         |
| 6            | 11 338 620,76         | 12 282 326,14         | 23 620 946,89         | 9 606 494,02          | 15 926 340,02         | 25 532 834,04         |
| 7            | 11 964 358,44         | 10 823 366,93         | 22 787 725,38         | 10 002 787,30         | 14 951 162,58         | 24 953 949,88         |
| 8            | 14 626 857,13         | 14 482 738,66         | 29 109 595,80         | 10 141 456,41         | 18 919 258,40         | 29 060 714,81         |
| 9            | 12 337 547,86         | 11 883 163,82         | 24 220 711,69         | 10 289 617,04         | 15 868 717,31         | 26 158 334,35         |
| 10           | 11 048 277,56         | 12 395 515,00         | 23 443 792,56         | 8 701 613,27          | 16 377 387,60         | 25 079 000,87         |
| 11           | 12 256 147,47         | 12 177 953,45         | 24 434 100,92         | 8 472 682,91          | 15 939 073,58         | 24 411 756,49         |
| 12           | 13 666 440,67         | 11 439 690,61         | 25 106 131,28         | 9 963 034,11          | 15 137 819,32         | 25 100 853,43         |
| 13           | 10 945 914,16         | 10 818 325,00         | 21 764 239,15         | 8 904 822,66          | 14 777 076,85         | 23 681 899,52         |
| 14           | 11 531 522,19         | 10 360 035,59         | 21 891 557,78         | 9 435 310,15          | 14 393 515,16         | 23 828 825,31         |
| 15           | 15 098 103,34         | 14 701 507,00         | 29 799 610,34         | 10 622 215,29         | 19 091 975,46         | 29 714 190,75         |
| 16           | 11 593 926,48         | 13 766 230,22         | 25 360 156,70         | 9 222 964,94          | 17 830 523,02         | 27 053 487,95         |
| 17           | 11 396 523,67         | 12 773 609,88         | 24 170 133,55         | 9 277 527,09          | 16 765 388,03         | 26 042 915,12         |
| 18           | 9 848 179,17          | 10 685 652,38         | 20 533 831,56         | 8 017 744,54          | 14 249 098,11         | 22 266 842,65         |
| 19           | 10 078 097,65         | 12 317 010,10         | 22 395 107,75         | 7 819 570,01          | 15 911 308,56         | 23 730 878,56         |
| 20           | 11 540 208,33         | 11 066 136,69         | 22 606 345,02         | 9 317 137,84          | 15 413 995,79         | 24 731 133,62         |
| 21           | 12 587 525,14         | 11 941 987,77         | 24 529 512,91         | 9 508 634,52          | 16 697 453,48         | 26 206 088,00         |
| 22           | 10 876 832,02         | 12 886 170,05         | 23 763 002,07         | 8 756 846,35          | 16 987 326,58         | 25 744 172,93         |
| 23           | 12 244 469,63         | 11 880 392,34         | 24 124 861,96         | 10 180 239,14         | 15 892 464,83         | 26 072 703,97         |
| 24           | 13 289 397,07         | 12 819 336,44         | 26 108 733,51         | 11 111 585,10         | 16 993 208,18         | 28 104 793,28         |
| 25           | 14 194 285,91         | 14 142 319,08         | 28 336 604,99         | 10 194 298,09         | 18 143 433,84         | 28 337 731,93         |
| 26           | 13 672 557,16         | 15 033 799,13         | 28 706 356,29         | 9 384 549,33          | 19 672 165,11         | 29 056 714,45         |
| 27           | 17 061 134,32         | 16 523 966,43         | 33 585 100,74         | 11 535 645,84         | 22 016 919,94         | 33 552 565,78         |
| 28           | 12 965 545,21         | 16 263 950,05         | 29 229 495,26         | 9 788 578,12          | 20 787 878,47         | 30 576 456,59         |
| 29           | 15 860 407,84         | 15 382 482,56         | 31 242 890,40         | 10 871 339,96         | 20 430 568,58         | 31 301 908,54         |
| 30           | 16 523 911,11         | 16 628 177,38         | 33 152 088,50         | 11 810 448,20         | 21 318 466,78         | 33 128 914,98         |
| 31           | 11 728 483,17         | 12 499 495,16         | 24 227 978,33         | 9 664 588,35          | 16 110 136,60         | 25 774 724,95         |
| <b>Total</b> | <b>387 107 382,13</b> | <b>394 016 834,21</b> | <b>781 124 216,35</b> | <b>299 226 479,76</b> | <b>521 275 324,68</b> | <b>820 501 804,43</b> |

Tabela A.2: Função de Benefício Social mensal – Fevereiro (Hora 19 e 20)

| Dia          | Original (€)          |                       |                       | Simulado (€)          |                       |                       |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|              | H20                   | H19                   | Total                 | H20                   | H19                   | Total                 |
| 1            | 11 733 982,73         | 13 698 099,10         | 25 432 081,83         | 8 218 940,86          | 17 304 798,29         | 25 523 739,15         |
| 2            | 10 279 364,54         | 12 951 615,46         | 23 230 980,00         | 7 938 252,44          | 16 464 267,49         | 24 402 519,93         |
| 3            | 11 073 385,33         | 11 067 251,39         | 22 140 636,72         | 8 994 187,30          | 14 848 601,58         | 23 842 788,88         |
| 4            | 11 132 018,99         | 10 265 168,46         | 21 397 187,45         | 9 045 460,53          | 14 246 920,45         | 23 292 380,98         |
| 5            | 11 239 914,88         | 12 104 259,22         | 23 344 174,09         | 9 164 183,22          | 15 839 066,13         | 25 003 249,34         |
| 6            | 11 428 634,57         | 10 282 203,76         | 21 710 838,32         | 9 345 599,47          | 14 283 488,96         | 23 629 088,43         |
| 7            | 10 981 840,75         | 14 141 647,65         | 25 123 488,40         | 8 933 567,88          | 18 082 861,03         | 27 016 428,91         |
| 8            | 9 595 156,64          | 12 779 154,36         | 22 374 311,00         | 7 904 370,21          | 16 158 303,65         | 24 062 673,85         |
| 9            | 10 051 620,51         | 10 224 493,58         | 20 276 114,09         | 8 388 424,38          | 13 552 777,61         | 21 941 201,99         |
| 10           | 11 755 553,91         | 10 217 335,41         | 21 972 889,32         | 9 780 783,79          | 14 093 129,37         | 23 873 913,17         |
| 11           | 11 991 281,36         | 11 942 142,76         | 23 933 424,12         | 10 017 510,04         | 15 742 587,51         | 25 760 097,55         |
| 12           | 13 010 950,27         | 14 561 354,38         | 27 572 304,65         | 9 282 577,14          | 18 558 143,65         | 27 840 720,79         |
| 13           | 11 683 951,75         | 12 577 342,40         | 24 261 294,15         | 9 763 362,63          | 16 191 424,69         | 25 954 787,32         |
| 14           | 10 104 164,38         | 13 607 954,37         | 23 712 118,76         | 8 280 143,10          | 17 178 357,53         | 25 458 500,63         |
| 15           | 12 925 612,80         | 13 086 149,41         | 26 011 762,21         | 9 330 380,65          | 16 699 881,27         | 26 030 261,93         |
| 16           | 9 312 507,60          | 12 800 632,36         | 22 113 139,97         | 6 897 233,85          | 15 862 628,77         | 22 759 862,62         |
| 17           | 10 883 727,52         | 9 562 868,88          | 20 446 596,40         | 9 030 692,22          | 13 024 335,52         | 22 055 027,74         |
| 18           | 10 460 919,29         | 10 222 572,44         | 20 683 491,73         | 8 523 772,23          | 14 030 418,61         | 22 554 190,84         |
| 19           | 11 698 938,24         | 9 441 232,88          | 21 140 171,13         | 9 797 256,82          | 13 021 981,48         | 22 819 238,30         |
| 20           | 11 965 645,51         | 9 687 014,66          | 21 652 660,17         | 9 994 134,22          | 13 417 005,85         | 23 411 140,08         |
| 21           | 13 072 911,87         | 10 424 862,91         | 23 497 774,79         | 9 186 260,24          | 14 643 751,48         | 23 830 011,72         |
| 22           | 9 613 507,15          | 12 428 295,15         | 22 041 802,30         | 7 286 369,84          | 15 630 897,63         | 22 917 267,46         |
| 23           | 9 743 208,65          | 8 391 560,78          | 18 134 769,43         | 8 063 262,33          | 11 590 000,33         | 19 653 262,66         |
| 24           | 13 193 676,70         | 13 700 793,54         | 26 894 470,24         | 9 221 994,67          | 17 776 853,79         | 26 998 848,47         |
| 25           | 12 874 516,61         | 14 565 478,11         | 27 439 994,72         | 8 994 021,53          | 18 546 713,03         | 27 540 734,56         |
| 26           | 10 884 367,92         | 10 196 887,59         | 21 081 255,51         | 8 899 687,70          | 13 897 070,69         | 22 796 758,40         |
| 27           | 11 609 116,76         | 10 321 053,85         | 21 930 170,61         | 9 612 125,97          | 14 076 924,76         | 23 689 050,72         |
| 28           | 12 816 962,41         | 12 884 524,70         | 25 701 487,11         | 9 061 303,98          | 16 647 809,48         | 25 709 113,46         |
| <b>Total</b> | <b>317 117 439,64</b> | <b>328 133 949,56</b> | <b>645 251 389,22</b> | <b>248 955 859,24</b> | <b>431 411 000,63</b> | <b>680 366 859,88</b> |

Tabela A.3: Função de Benefício Social mensal – Março (Hora 19 e 20)

| Dia          | Original (€)          |                       |                       | Simulado (€)          |                       |                       |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|              | H20                   | H19                   | Total                 | H20                   | H19                   | Total                 |
| 1            | 13 137 929,06         | 13 873 936,58         | 27 011 865,64         | 9 293 623,91          | 17 686 950,62         | 26 980 574,53         |
| 2            | 13 388 402,68         | 13 027 017,06         | 26 415 419,74         | 9 689 028,73          | 16 725 629,95         | 26 414 658,68         |
| 3            | 14 008 095,49         | 13 499 274,68         | 27 507 370,17         | 9 999 252,75          | 17 519 420,11         | 27 518 672,87         |
| 4            | 12 760 573,53         | 12 221 206,60         | 24 981 780,13         | 8 892 960,99          | 16 137 889,38         | 25 030 850,37         |
| 5            | 10 832 920,15         | 10 217 202,43         | 21 050 122,58         | 8 364 325,99          | 14 010 335,96         | 22 374 661,95         |
| 6            | 10 336 375,80         | 10 090 714,83         | 20 427 090,63         | 8 427 555,27          | 13 803 031,36         | 22 230 586,63         |
| 7            | 11 148 073,32         | 11 731 455,88         | 22 879 529,20         | 8 477 857,21          | 15 869 400,64         | 24 347 257,86         |
| 8            | 13 317 312,29         | 13 119 479,85         | 26 436 792,14         | 9 021 961,19          | 17 566 679,81         | 26 588 640,99         |
| 9            | 9 728 981,90          | 12 560 138,82         | 22 289 120,72         | 7 332 621,43          | 15 899 529,44         | 23 232 150,87         |
| 10           | 10 426 035,67         | 12 247 405,45         | 22 673 441,12         | 8 435 829,43          | 16 043 276,98         | 24 479 106,41         |
| 11           | 10 403 451,76         | 13 711 755,35         | 24 115 207,11         | 8 438 368,89          | 17 487 558,71         | 25 925 927,60         |
| 12           | 10 894 453,46         | 13 569 355,23         | 24 463 808,69         | 8 417 633,57          | 17 290 460,79         | 25 708 094,36         |
| 13           | 13 942 079,16         | 13 380 219,15         | 27 322 298,31         | 9 907 841,65          | 17 452 699,90         | 27 360 541,55         |
| 14           | 14 266 232,62         | 14 021 220,95         | 28 287 453,57         | 10 200 913,70         | 18 151 264,09         | 28 352 177,79         |
| 15           | 10 832 220,53         | 12 438 199,47         | 23 270 420,01         | 7 839 225,23          | 15 975 699,93         | 23 814 925,17         |
| 16           | 9 351 633,73          | 12 271 710,73         | 21 623 344,46         | 7 355 045,43          | 15 575 444,43         | 22 930 489,86         |
| 17           | 10 592 370,47         | 12 446 142,65         | 23 038 513,12         | 8 615 949,37          | 16 178 986,47         | 24 794 935,84         |
| 18           | 12 089 256,67         | 13 728 658,91         | 25 817 915,58         | 8 942 980,25          | 17 673 462,76         | 26 616 443,02         |
| 19           | 19 551 548,26         | 18 462 918,30         | 38 014 466,56         | 14 098 264,25         | 24 533 357,88         | 38 631 622,13         |
| 20           | 15 111 588,93         | 16 273 092,94         | 31 384 681,87         | 11 280 367,71         | 21 037 839,64         | 32 318 207,35         |
| 21           | 16 576 930,97         | 15 715 983,17         | 32 292 914,14         | 11 364 427,67         | 20 973 816,53         | 32 338 244,21         |
| 22           | 14 096 263,32         | 13 886 021,28         | 27 982 284,60         | 9 666 703,63          | 18 357 394,78         | 28 024 098,40         |
| 23           | 16 730 165,64         | 14 994 945,61         | 31 725 111,25         | 12 100 831,05         | 19 897 377,49         | 31 998 208,54         |
| 24           | 13 484 607,92         | 15 219 024,70         | 28 703 632,62         | 10 264 977,46         | 19 332 316,02         | 29 597 293,47         |
| 25           | 11 875 277,79         | 13 882 024,30         | 25 757 302,09         | 9 577 028,51          | 17 730 590,16         | 27 307 618,67         |
| 26           | 14 887 895,83         | 15 425 196,93         | 30 313 092,77         | 10 896 223,00         | 19 606 429,21         | 30 502 652,21         |
| 27           | 13 996 213,32         | 14 976 401,21         | 28 972 614,53         | 10 185 857,25         | 18 931 185,02         | 29 117 042,27         |
| 28           | 16 038 386,79         | 16 403 494,45         | 32 441 881,24         | 11 739 070,60         | 20 810 814,50         | 32 549 885,11         |
| 29           | 14 926 536,00         | 12 862 400,57         | 27 788 936,57         | 10 360 721,30         | 17 445 385,74         | 27 806 107,03         |
| 30           | 14 859 719,34         | 13 532 197,48         | 28 391 916,82         | 10 428 593,09         | 18 009 211,39         | 28 437 804,48         |
| 31           | 13 994 292,83         | 14 376 438,37         | 28 370 731,20         | 9 985 674,36          | 18 496 701,45         | 28 482 375,81         |
| <b>Total</b> | <b>407 585 825,23</b> | <b>424 165 233,93</b> | <b>831 751 059,18</b> | <b>299 601 714,87</b> | <b>552 210 141,14</b> | <b>851 811 856,03</b> |



Tabela A.4: Função de Benefício Social mensal – Abril (Hora 19 e 20)

| Dia          | Original (€)          |                       |                       | Simulado (€)          |                       |                       |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|              | H20                   | H19                   | Total                 | H20                   | H19                   | Total                 |
| 1            | 10 831 124,33         | 15 771 926,67         | 26 603 051,00         | 8 818 243,10          | 19 345 206,97         | 28 163 450,07         |
| 2            | 16 487 268,33         | 15 510 469,67         | 31 997 738,00         | 11 811 259,81         | 20 204 344,82         | 32 015 604,64         |
| 3            | 13 549 663,20         | 12 895 717,05         | 26 445 380,25         | 9 384 110,59          | 17 436 271,68         | 26 820 382,27         |
| 4            | 16 261 744,35         | 15 084 349,99         | 31 346 094,34         | 11 490 616,45         | 19 860 413,87         | 31 351 030,32         |
| 5            | 14 773 287,44         | 13 067 281,61         | 27 840 569,04         | 10 786 003,34         | 17 105 527,76         | 27 891 531,10         |
| 6            | 14 779 689,28         | 11 881 228,20         | 26 660 917,48         | 10 871 323,91         | 15 843 246,56         | 26 714 570,47         |
| 7            | 18 060 082,00         | 17 333 033,38         | 35 393 115,38         | 13 692 349,77         | 21 771 609,94         | 35 463 959,72         |
| 8            | 15 569 770,70         | 14 596 425,52         | 30 166 196,23         | 11 287 301,91         | 18 949 914,84         | 30 237 216,75         |
| 9            | 15 612 490,87         | 15 244 507,40         | 30 856 998,28         | 11 402 994,89         | 19 502 457,79         | 30 905 452,68         |
| 10           | 15 241 162,24         | 13 817 086,18         | 29 058 248,42         | 10 838 134,35         | 18 235 451,05         | 29 073 585,40         |
| 11           | 14 880 472,73         | 13 742 027,20         | 28 622 499,92         | 10 530 588,39         | 18 107 161,30         | 28 637 749,69         |
| 12           | 11 745 752,02         | 13 378 802,39         | 25 124 554,42         | 8 723 089,31          | 16 889 619,63         | 25 612 708,94         |
| 13           | 13 486 591,10         | 12 474 894,19         | 25 961 485,29         | 9 560 845,97          | 16 401 304,20         | 25 962 150,17         |
| 14           | 14 445 121,18         | 13 761 135,64         | 28 206 256,82         | 9 831 826,08          | 18 701 729,94         | 28 533 556,01         |
| 15           | 16 012 385,68         | 15 207 435,04         | 31 219 820,72         | 11 329 259,75         | 20 272 419,60         | 31 601 679,35         |
| 16           | 14 710 409,23         | 14 146 016,53         | 28 856 425,76         | 10 167 859,54         | 18 955 554,91         | 29 123 414,44         |
| 17           | 13 491 084,69         | 13 031 094,36         | 26 522 179,04         | 9 259 558,12          | 17 424 410,70         | 26 683 968,81         |
| 18           | 13 816 557,89         | 13 289 237,72         | 27 105 795,61         | 9 230 309,58          | 17 880 062,38         | 27 110 371,96         |
| 19           | 13 693 912,96         | 13 152 467,31         | 26 846 380,27         | 9 171 290,49          | 17 677 025,32         | 26 848 315,82         |
| 20           | 14 454 548,33         | 12 563 318,81         | 27 017 867,13         | 10 373 874,65         | 16 649 441,32         | 27 023 315,98         |
| 21           | 14 826 873,04         | 13 096 306,65         | 27 923 179,69         | 11 143 998,06         | 17 630 616,95         | 28 774 615,01         |
| 22           | 16 140 691,57         | 15 717 636,52         | 31 858 328,10         | 11 527 728,89         | 20 357 042,74         | 31 884 771,63         |
| 23           | 15 844 277,11         | 16 133 646,92         | 31 977 924,03         | 11 264 657,98         | 20 735 500,34         | 32 000 158,32         |
| 24           | 15 042 570,94         | 14 684 029,50         | 29 726 600,44         | 10 771 991,30         | 19 051 075,01         | 29 823 066,32         |
| 25           | 15 365 267,35         | 14 574 789,83         | 29 940 057,19         | 10 854 879,11         | 19 111 405,12         | 29 966 284,23         |
| 26           | 13 441 049,98         | 13 075 666,22         | 26 516 716,20         | 9 128 518,55          | 17 390 305,97         | 26 518 824,52         |
| 27           | 13 036 685,49         | 16 011 888,14         | 29 048 573,63         | 8 983 747,60          | 20 062 752,06         | 29 046 499,66         |
| 28           | 13 936 219,95         | 14 213 106,05         | 28 149 326,00         | 9 799 333,20          | 18 353 282,62         | 28 152 615,82         |
| 29           | 14 151 443,50         | 14 526 358,05         | 28 677 801,55         | 9 788 297,02          | 18 886 104,28         | 28 674 401,30         |
| 30           | 10 788 110,05         | 10 695 372,94         | 21 483 482,98         | 8 692 610,36          | 14 839 734,97         | 23 532 345,33         |
| <b>Total</b> | <b>434 476 307,53</b> | <b>422 677 255,68</b> | <b>857 153 563,21</b> | <b>310 516 602,07</b> | <b>553 630 994,64</b> | <b>864 147 596,73</b> |

Tabela A.5: Função de Benefício Social mensal – Maio (Hora 19 e 20)

| Dia          | Original (€)          |                       |                       | Simulado (€)          |                       |                       |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|              | H20                   | H19                   | Total                 | H20                   | H19                   | Total                 |
| 1            | 13 224 295,58         | 12 578 639,32         | 25 802 934,90         | 9 429 764,23          | 16 352 050,71         | 25 781 814,94         |
| 2            | 13 688 806,26         | 12 985 195,75         | 26 674 002,01         | 9 469 225,84          | 17 201 862,79         | 26 671 088,63         |
| 3            | 12 487 492,80         | 12 217 380,61         | 24 704 873,41         | 8 818 280,80          | 15 906 140,76         | 24 724 421,56         |
| 4            | 12 161 999,45         | 11 616 108,51         | 23 778 107,96         | 8 285 993,82          | 15 499 123,31         | 23 785 117,13         |
| 5            | 14 410 173,52         | 14 465 353,85         | 28 875 527,37         | 10 104 155,45         | 18 946 080,05         | 29 050 235,50         |
| 6            | 15 101 229,45         | 14 584 416,22         | 29 685 645,66         | 10 644 660,90         | 19 027 808,83         | 29 672 469,73         |
| 7            | 16 129 354,48         | 16 257 126,93         | 32 386 481,41         | 11 710 643,59         | 20 772 215,33         | 32 482 858,93         |
| 8            | 13 863 780,36         | 14 345 700,99         | 28 209 481,35         | 10 665 377,34         | 18 658 192,73         | 29 323 570,07         |
| 9            | 17 643 315,72         | 18 638 784,49         | 36 282 100,22         | 12 881 682,56         | 23 409 987,65         | 36 291 670,21         |
| 10           | 16 558 888,20         | 14 050 706,43         | 30 609 594,63         | 12 131 241,70         | 18 472 817,06         | 30 604 058,75         |
| 11           | 16 209 798,48         | 15 092 641,51         | 31 302 440,00         | 11 708 371,15         | 19 590 926,41         | 31 299 297,56         |
| 12           | 15 310 743,69         | 16 820 043,16         | 32 130 786,85         | 10 933 335,93         | 21 175 752,06         | 32 109 087,99         |
| 13           | 14 644 633,18         | 13 148 570,30         | 27 793 203,48         | 10 454 427,17         | 17 340 268,40         | 27 794 695,57         |
| 14           | 14 704 379,01         | 16 508 886,92         | 31 213 265,93         | 10 545 283,87         | 20 678 891,29         | 31 224 175,15         |
| 15           | 19 172 030,11         | 16 554 573,51         | 35 726 603,62         | 14 060 718,63         | 21 628 457,13         | 35 689 175,76         |
| 16           | 19 542 954,06         | 17 046 400,38         | 36 589 354,44         | 14 227 157,77         | 22 370 521,36         | 36 597 679,12         |
| 17           | 18 286 591,40         | 14 338 721,03         | 32 625 312,43         | 13 638 458,77         | 19 003 022,61         | 32 641 481,39         |
| 18           | 14 248 625,12         | 15 550 480,01         | 29 799 105,13         | 10 137 286,28         | 19 661 957,11         | 29 799 243,39         |
| 19           | 19 492 528,55         | 18 776 871,54         | 38 269 400,09         | 14 089 112,98         | 24 206 164,51         | 38 295 277,49         |
| 20           | 15 837 551,56         | 18 637 248,90         | 34 474 800,46         | 11 094 973,76         | 23 371 373,85         | 34 466 347,61         |
| 21           | 15 346 751,01         | 18 053 558,73         | 33 400 309,74         | 10 762 225,20         | 22 632 117,64         | 33 394 342,84         |
| 22           | 19 107 410,72         | 18 321 684,64         | 37 429 095,36         | 13 684 839,49         | 23 755 077,85         | 37 439 917,34         |
| 23           | 18 336 676,31         | 17 493 645,22         | 35 830 321,53         | 13 105 171,02         | 22 723 245,01         | 35 828 416,03         |
| 24           | 15 375 895,38         | 13 925 891,65         | 29 301 787,04         | 11 053 835,77         | 18 257 865,69         | 29 311 701,46         |
| 25           | 17 890 810,32         | 13 645 857,15         | 31 536 667,47         | 12 978 991,70         | 18 582 136,10         | 31 561 127,80         |
| 26           | 15 068 378,25         | 20 437 983,88         | 35 506 362,13         | 10 774 933,30         | 24 682 798,93         | 35 457 732,23         |
| 27           | 15 308 458,13         | 20 212 791,55         | 35 521 249,68         | 10 901 627,10         | 24 621 913,22         | 35 523 540,32         |
| 28           | 20 514 679,90         | 21 900 725,91         | 42 415 405,81         | 15 240 416,69         | 27 207 488,10         | 42 447 904,80         |
| 29           | 14 320 651,87         | 15 959 269,14         | 30 279 921,01         | 10 858 491,89         | 20 409 119,51         | 31 267 611,39         |
| 30           | 15 499 442,73         | 15 839 316,63         | 31 338 759,37         | 11 054 674,38         | 20 271 060,18         | 31 325 734,56         |
| 31           | 14 758 613,82         | 20 199 775,85         | 34 958 389,66         | 10 595 526,81         | 24 416 576,22         | 35 012 103,03         |
| <b>Total</b> | <b>494 246 939,42</b> | <b>500 204 350,71</b> | <b>994 451 290,15</b> | <b>356 040 885,89</b> | <b>640 833 012,40</b> | <b>996 873 898,28</b> |

Tabela A.6: Função de Benefício Social mensal – Junho (Hora 19 e 20)

| Dia          | Original (€)          |                       |                       | Simulado (€)          |                       |                       |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|              | H20                   | H19                   | Total                 | H20                   | H19                   | Total                 |
| 1            | 11 560 996,19         | 18 410 425,18         | 29 971 421,37         | 8 162 704,08          | 22 162 585,14         | 30 325 289,22         |
| 2            | 13 586 620,00         | 13 744 298,90         | 27 330 918,90         | 9 536 744,39          | 18 087 380,25         | 27 624 124,64         |
| 3            | 11 995 477,17         | 11 751 433,44         | 23 746 910,61         | 9 843 814,06          | 15 989 739,68         | 25 833 553,74         |
| 4            | 12 480 232,56         | 12 545 831,67         | 25 026 064,23         | 10 391 834,71         | 16 750 386,60         | 27 142 221,32         |
| 5            | 16 467 809,75         | 16 655 267,18         | 33 123 076,93         | 11 634 038,77         | 21 541 200,21         | 33 175 238,98         |
| 6            | 11 838 510,57         | 11 431 461,22         | 23 269 971,79         | 9 715 443,85          | 15 704 742,37         | 25 420 186,23         |
| 7            | 17 811 533,73         | 18 039 722,28         | 35 851 256,01         | 12 777 509,76         | 23 135 769,37         | 35 913 279,13         |
| 8            | 17 170 505,84         | 15 624 233,05         | 32 794 738,90         | 12 484 981,38         | 20 352 319,96         | 32 837 301,34         |
| 9            | 10 821 252,81         | 12 477 551,05         | 23 298 803,86         | 8 970 528,43          | 16 077 705,30         | 25 048 233,73         |
| 10           | 10 283 415,19         | 10 278 050,19         | 20 561 465,38         | 8 469 153,68          | 13 812 093,80         | 22 281 247,48         |
| 11           | 10 670 098,65         | 13 867 266,11         | 24 537 364,76         | 8 062 851,08          | 17 803 051,20         | 25 865 902,28         |
| 12           | 12 406 437,21         | 14 172 069,63         | 26 578 506,84         | 8 970 969,98          | 18 122 350,59         | 27 093 320,58         |
| 13           | 12 103 038,82         | 14 678 720,84         | 26 781 759,66         | 8 640 423,45          | 18 479 140,76         | 27 119 564,21         |
| 14           | 12 535 985,86         | 12 596 197,84         | 25 132 183,70         | 8 612 455,76          | 16 829 152,58         | 25 441 608,34         |
| 15           | 16 592 948,36         | 16 553 900,87         | 33 146 849,23         | 11 624 098,72         | 21 533 228,38         | 33 157 327,10         |
| 16           | 10 919 184,49         | 11 056 298,76         | 21 975 483,26         | 9 053 584,84          | 14 686 435,14         | 23 740 019,97         |
| 17           | 10 791 298,56         | 11 303 935,36         | 22 095 233,92         | 8 775 086,69          | 14 951 094,52         | 23 726 181,20         |
| 18           | 12 298 097,77         | 12 122 916,19         | 24 421 013,97         | 10 236 560,77         | 16 018 154,51         | 26 254 715,27         |
| 19           | 12 453 213,58         | 11 544 251,05         | 23 997 464,63         | 10 346 227,02         | 15 405 820,28         | 25 752 047,30         |
| 20           | 14 439 301,88         | 11 952 133,92         | 26 391 435,80         | 10 735 105,34         | 16 086 448,71         | 26 821 554,05         |
| 21           | 12 562 014,44         | 13 891 157,86         | 26 453 172,30         | 9 129 822,34          | 17 376 619,50         | 26 506 441,84         |
| 22           | 10 464 357,05         | 12 436 745,32         | 22 901 102,38         | 7 613 133,19          | 15 892 986,33         | 23 506 119,52         |
| 23           | 11 979 615,65         | 12 393 030,94         | 24 372 646,58         | 10 007 858,65         | 16 113 802,32         | 26 121 660,97         |
| 24           | 11 356 691,56         | 10 611 577,60         | 21 968 269,16         | 8 478 813,22          | 14 192 876,09         | 22 671 689,31         |
| 25           | 14 422 134,95         | 16 586 313,27         | 31 008 448,22         | 10 305 354,07         | 20 789 774,22         | 31 095 128,29         |
| 26           | 14 100 855,03         | 13 704 890,98         | 27 805 746,01         | 11 800 352,85         | 18 138 106,65         | 29 938 459,50         |
| 27           | 12 568 052,05         | 12 395 313,22         | 24 963 365,27         | 10 454 174,83         | 16 424 660,03         | 26 878 834,86         |
| 28           | 11 997 182,29         | 11 499 458,77         | 23 496 641,06         | 9 107 587,89          | 15 217 386,55         | 24 324 974,43         |
| 29           | 11 645 272,16         | 14 406 971,54         | 26 052 243,71         | 8 911 118,89          | 17 968 712,80         | 26 879 831,70         |
| 30           | 17 520 755,67         | 16 641 751,39         | 34 162 507,07         | 14 087 925,07         | 21 257 923,48         | 35 345 848,56         |
| <b>Total</b> | <b>387 842 889,84</b> | <b>405 373 175,62</b> | <b>793 216 065,51</b> | <b>296 940 257,76</b> | <b>526 901 647,32</b> | <b>823 841 905,09</b> |

Tabela A.7: Função de Benefício Social mensal – Julho (Hora 19 e 20)

| Dia          | Original (€)          |                       |                       | Simulado (€)          |                       |                       |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|              | H20                   | H19                   | Total                 | H20                   | H19                   | Total                 |
| 1            | 16 997 212,46         | 15 968 824,37         | 32 966 036,83         | 13 607 584,56         | 20 679 473,86         | 34 287 058,42         |
| 2            | 14 087 793,06         | 13 841 792,41         | 27 929 585,47         | 10 819 937,03         | 18 235 610,38         | 29 055 547,41         |
| 3            | 12 908 124,06         | 13 242 244,67         | 26 150 368,73         | 10 701 696,05         | 17 474 795,84         | 28 176 491,89         |
| 4            | 13 387 441,25         | 13 311 225,66         | 26 698 666,91         | 11 177 060,50         | 17 544 957,54         | 28 722 018,04         |
| 5            | 11 759 477,08         | 12 233 581,12         | 23 993 058,20         | 9 818 353,80          | 16 033 610,36         | 25 851 964,16         |
| 6            | 11 874 660,39         | 13 716 113,44         | 25 590 773,83         | 9 588 049,57          | 18 288 627,54         | 27 876 677,11         |
| 7            | 19 683 589,71         | 20 813 420,09         | 40 497 009,80         | 13 985 984,04         | 26 498 700,81         | 40 484 684,85         |
| 8            | 18 511 111,16         | 20 000 964,09         | 38 512 075,25         | 13 633 672,33         | 24 887 304,25         | 38 520 976,58         |
| 9            | 13 391 444,20         | 13 474 631,90         | 26 866 076,10         | 11 179 217,16         | 17 635 133,41         | 28 814 350,57         |
| 10           | 14 128 897,35         | 13 767 568,10         | 27 896 465,45         | 11 864 348,30         | 17 940 801,53         | 29 805 149,83         |
| 11           | 13 511 771,18         | 13 391 704,27         | 26 903 475,45         | 11 274 805,20         | 17 598 241,27         | 28 873 046,47         |
| 12           | 11 831 153,85         | 12 274 660,60         | 24 105 814,44         | 8 914 183,92          | 15 862 529,18         | 24 776 713,09         |
| 13           | 10 185 400,99         | 14 622 765,61         | 24 808 166,60         | 8 092 529,01          | 18 187 615,33         | 26 280 144,34         |
| 14           | 13 745 901,49         | 14 758 772,85         | 28 504 674,34         | 11 472 793,23         | 18 937 804,64         | 30 410 597,87         |
| 15           | 13 756 316,03         | 13 865 954,92         | 27 622 270,95         | 11 352 379,19         | 18 162 978,86         | 29 515 358,05         |
| 16           | 13 651 576,54         | 14 034 296,70         | 27 685 873,25         | 11 403 559,80         | 18 263 894,80         | 29 667 454,60         |
| 17           | 15 359 531,72         | 14 865 787,43         | 30 225 319,15         | 11 482 455,19         | 19 201 661,86         | 30 684 117,05         |
| 18           | 15 059 735,58         | 15 757 621,88         | 30 817 357,47         | 10 580 355,21         | 20 216 200,83         | 30 796 556,04         |
| 19           | 16 189 004,72         | 16 245 187,85         | 32 434 192,57         | 11 259 538,91         | 21 214 032,65         | 32 473 571,56         |
| 20           | 16 353 206,02         | 13 616 441,13         | 29 969 647,15         | 11 172 340,75         | 18 803 917,36         | 29 976 258,10         |
| 21           | 12 932 983,38         | 13 988 083,73         | 26 921 067,11         | 10 723 511,72         | 18 147 829,87         | 28 871 341,59         |
| 22           | 14 577 713,05         | 15 483 642,43         | 30 061 355,48         | 11 098 794,41         | 19 853 236,12         | 30 952 030,53         |
| 23           | 14 888 110,28         | 14 805 933,76         | 29 694 044,04         | 11 037 696,16         | 19 183 676,14         | 30 221 372,30         |
| 24           | 15 298 566,04         | 16 169 373,92         | 31 467 939,96         | 11 011 945,46         | 21 314 212,38         | 32 326 157,84         |
| 25           | 16 922 891,21         | 16 257 144,89         | 33 180 036,10         | 12 124 727,49         | 21 394 294,15         | 33 519 021,64         |
| 26           | 15 501 902,52         | 14 320 476,07         | 29 822 378,59         | 10 926 822,60         | 19 065 872,05         | 29 992 694,65         |
| 27           | 14 825 635,58         | 12 399 448,65         | 27 225 084,23         | 10 243 412,76         | 17 213 978,09         | 27 457 390,85         |
| 28           | 17 566 055,22         | 16 802 620,45         | 34 368 675,67         | 12 436 420,38         | 22 487 865,18         | 34 924 285,56         |
| 29           | 17 421 601,92         | 16 803 575,15         | 34 225 177,07         | 12 527 347,72         | 22 047 333,37         | 34 574 681,08         |
| 30           | 17 430 127,22         | 16 902 814,00         | 34 332 941,22         | 12 554 327,49         | 21 967 646,52         | 34 521 974,01         |
| 31           | 16 601 626,19         | 17 336 760,12         | 33 938 386,31         | 12 214 519,67         | 22 052 463,27         | 34 266 982,94         |
| <b>Total</b> | <b>460 340 561,45</b> | <b>465 073 432,26</b> | <b>925 413 993,72</b> | <b>350 280 369,61</b> | <b>606 396 299,44</b> | <b>956 676 669,02</b> |

Tabela A.8: Função de Benefício Social mensal – Agosto (Hora 19 e 20)

| Dia          | Original (€)          |                       |                       | Simulado (€)          |                       |                       |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|              | H20                   | H19                   | Total                 | H20                   | H19                   | Total                 |
| 1            | 14 599 995,46         | 15 115 423,49         | 29 715 418,95         | 11 051 227,08         | 19 547 466,76         | 30 598 693,84         |
| 2            | 17 193 693,88         | 20 171 925,45         | 37 365 619,34         | 10 273 049,52         | 24 518 832,38         | 34 791 881,90         |
| 3            | 14 264 440,05         | 19 052 616,09         | 33 317 056,14         | 10 025 915,29         | 23 339 915,21         | 33 365 830,49         |
| 4            | 13 984 069,16         | 14 554 697,64         | 28 538 766,80         | 11 828 446,25         | 18 659 100,05         | 30 487 546,30         |
| 5            | 18 927 001,86         | 19 638 811,40         | 38 565 813,27         | 13 696 447,87         | 24 955 103,80         | 38 651 551,67         |
| 6            | 12 830 880,39         | 14 170 002,32         | 27 000 882,71         | 10 766 029,94         | 18 298 892,61         | 29 064 922,55         |
| 7            | 12 966 960,13         | 12 909 727,82         | 25 876 687,96         | 10 927 766,38         | 16 943 816,50         | 27 871 582,89         |
| 8            | 12 543 664,76         | 12 365 772,72         | 24 909 437,47         | 10 575 602,25         | 16 265 591,51         | 26 841 193,76         |
| 9            | 11 778 703,39         | 13 500 812,67         | 25 279 516,06         | 9 425 158,28          | 17 268 109,45         | 26 693 267,73         |
| 10           | 11 652 602,95         | 13 711 223,98         | 25 363 826,93         | 9 804 694,08          | 17 444 729,74         | 27 249 423,82         |
| 11           | 14 693 302,96         | 12 299 726,30         | 26 993 029,26         | 10 763 145,78         | 16 415 654,19         | 27 178 799,97         |
| 12           | 15 002 297,27         | 13 524 648,44         | 28 526 945,71         | 11 096 693,46         | 17 696 702,79         | 28 793 396,25         |
| 13           | 15 156 276,15         | 14 561 817,43         | 29 718 093,58         | 11 238 360,46         | 18 623 803,67         | 29 862 164,13         |
| 14           | 15 778 245,61         | 14 656 768,07         | 30 435 013,67         | 11 483 202,12         | 18 960 722,61         | 30 443 924,73         |
| 15           | 11 272 431,45         | 12 956 644,19         | 24 229 075,64         | 9 522 239,22          | 16 562 188,89         | 26 084 428,11         |
| 16           | 13 099 416,63         | 12 777 734,83         | 25 877 151,46         | 11 279 348,54         | 16 547 140,91         | 27 826 489,45         |
| 17           | 11 846 806,31         | 11 515 993,12         | 23 362 799,43         | 10 111 569,16         | 15 060 123,03         | 25 171 692,19         |
| 18           | 15 022 374,88         | 13 728 888,54         | 28 751 263,42         | 11 937 088,68         | 17 908 985,19         | 29 846 073,87         |
| 19           | 14 090 413,16         | 17 274 794,33         | 31 365 207,50         | 10 915 434,97         | 21 464 037,09         | 32 379 472,06         |
| 20           | 15 473 733,77         | 16 796 942,40         | 32 270 676,16         | 11 179 133,99         | 21 133 168,16         | 32 312 302,15         |
| 21           | 13 007 158,48         | 15 488 819,24         | 28 495 977,72         | 10 829 471,69         | 19 802 381,83         | 30 631 853,53         |
| 22           | 15 305 524,18         | 16 385 873,70         | 31 691 397,87         | 11 210 782,64         | 20 526 480,72         | 31 737 263,36         |
| 23           | 14 002 622,77         | 16 078 279,46         | 30 080 902,22         | 10 352 228,69         | 19 782 513,33         | 30 134 742,01         |
| 24           | 13 296 814,28         | 14 092 057,85         | 27 388 872,13         | 9 978 839,46          | 17 478 089,43         | 27 456 928,89         |
| 25           | 15 177 142,59         | 15 202 307,81         | 30 379 450,40         | 11 241 418,21         | 19 157 010,09         | 30 398 428,30         |
| 26           | 14 263 088,85         | 15 084 115,12         | 29 347 203,97         | 10 534 852,97         | 19 045 811,70         | 29 580 664,67         |
| 27           | 13 723 281,43         | 16 817 945,83         | 30 541 227,26         | 10 158 835,88         | 20 708 514,37         | 30 867 350,25         |
| 28           | 16 268 417,34         | 17 744 315,88         | 34 012 733,23         | 11 871 141,99         | 22 275 955,81         | 34 147 097,80         |
| 29           | 15 163 784,12         | 17 114 245,00         | 32 278 029,12         | 10 783 686,56         | 21 589 324,29         | 32 373 010,86         |
| 30           | 11 469 660,79         | 18 682 175,09         | 30 151 835,89         | 9 594 478,68          | 24 388 688,38         | 33 983 167,06         |
| 31           | 16 011 889,79         | 15 765 488,23         | 31 777 378,01         | 11 536 757,54         | 20 247 770,39         | 31 784 527,93         |
| <b>Total</b> | <b>439 866 694,84</b> | <b>473 740 594,44</b> | <b>913 607 289,28</b> | <b>335 993 047,63</b> | <b>602 616 624,88</b> | <b>938 609 672,52</b> |

Tabela A.9: Função de Benefício Social mensal – Setembro (Hora 19 e 20)

| Dia          | Original (€)          |                       |                       | Simulado (€)          |                       |                       |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|              | H20                   | H19                   | Total                 | H20                   | H19                   | Total                 |
| 1            | 16 774 632,84         | 17 574 203,79         | 34 348 836,63         | 12 137 055,35         | 22 388 981,72         | 34 526 037,08         |
| 2            | 13 174 136,92         | 13 317 265,17         | 26 491 402,09         | 11 146 764,31         | 17 395 123,16         | 28 541 887,46         |
| 3            | 12 941 270,03         | 12 938 316,16         | 25 879 586,18         | 10 876 143,21         | 16 827 520,95         | 27 703 664,16         |
| 4            | 13 127 532,45         | 12 709 519,39         | 25 837 051,84         | 11 093 950,50         | 16 531 105,20         | 27 625 055,70         |
| 5            | 14 593 360,71         | 16 481 518,75         | 31 074 879,45         | 10 757 254,82         | 20 354 422,96         | 31 111 677,78         |
| 6            | 13 816 777,50         | 15 152 573,52         | 28 969 351,02         | 9 732 151,87          | 19 580 159,63         | 29 312 311,50         |
| 7            | 10 465 623,26         | 9 798 152,24          | 20 263 775,50         | 8 690 442,21          | 13 343 842,39         | 22 034 284,60         |
| 8            | 12 802 325,71         | 14 698 793,28         | 27 501 118,99         | 9 801 078,00          | 18 459 358,38         | 28 260 436,39         |
| 9            | 12 106 711,61         | 14 239 439,45         | 26 346 151,06         | 9 762 021,32          | 17 991 096,47         | 27 753 117,79         |
| 10           | 14 116 305,43         | 12 995 581,49         | 27 111 886,92         | 11 900 156,16         | 17 355 134,30         | 29 255 290,46         |
| 11           | 13 209 386,50         | 12 436 972,41         | 25 646 358,91         | 11 180 648,80         | 16 532 054,31         | 27 712 703,12         |
| 12           | 12 287 700,86         | 13 160 340,64         | 25 448 041,50         | 10 394 695,63         | 16 885 942,55         | 27 280 638,18         |
| 13           | 11 323 915,23         | 11 620 085,23         | 22 944 000,46         | 9 651 609,30          | 15 014 933,92         | 24 666 543,23         |
| 14           | 11 023 734,32         | 11 823 658,55         | 22 847 392,87         | 9 399 100,82          | 15 119 630,38         | 24 518 731,21         |
| 15           | 12 946 506,65         | 13 531 041,11         | 26 477 547,76         | 11 004 785,67         | 17 376 753,86         | 28 381 539,52         |
| 16           | 12 607 004,76         | 13 512 369,80         | 26 119 374,56         | 10 679 345,99         | 17 389 665,68         | 28 069 011,67         |
| 17           | 14 786 598,94         | 12 160 829,29         | 26 947 428,23         | 12 209 186,66         | 16 056 783,77         | 28 265 970,43         |
| 18           | 13 992 881,01         | 13 543 586,85         | 27 536 467,86         | 11 995 633,53         | 17 558 697,68         | 29 554 331,21         |
| 19           | 13 107 728,57         | 12 497 907,82         | 25 605 636,39         | 11 194 578,27         | 16 339 712,23         | 27 534 290,50         |
| 20           | 10 949 675,28         | 12 485 584,05         | 23 435 259,33         | 9 298 003,19          | 15 933 762,46         | 25 231 765,64         |
| 21           | 14 136 043,57         | 14 967 004,65         | 29 103 048,21         | 10 152 280,13         | 18 991 256,12         | 29 143 536,25         |
| 22           | 12 944 896,62         | 13 332 942,53         | 26 277 839,15         | 10 859 385,75         | 17 419 614,02         | 28 278 999,77         |
| 23           | 13 120 115,91         | 13 114 421,88         | 26 234 537,79         | 11 077 556,41         | 17 262 365,33         | 28 339 921,75         |
| 24           | 12 312 452,78         | 14 056 354,09         | 26 368 806,87         | 10 312 207,95         | 17 927 902,02         | 28 240 109,97         |
| 25           | 13 411 730,55         | 12 166 334,38         | 25 578 064,93         | 11 415 115,93         | 16 096 225,53         | 27 511 341,46         |
| 26           | 14 968 736,03         | 14 482 740,33         | 29 451 476,36         | 12 069 475,27         | 18 489 127,29         | 30 558 602,56         |
| 27           | 11 179 026,15         | 10 965 601,48         | 22 144 627,63         | 9 563 040,48          | 14 317 935,12         | 23 880 975,60         |
| 28           | 12 576 306,18         | 10 552 964,00         | 23 129 270,18         | 9 515 181,38          | 13 898 625,38         | 23 413 806,76         |
| 29           | 13 328 330,48         | 11 591 824,22         | 24 920 154,70         | 9 866 581,57          | 15 201 740,30         | 25 068 321,88         |
| 30           | 12 554 583,12         | 12 306 965,12         | 24 861 548,25         | 10 645 179,90         | 15 896 717,88         | 26 541 897,78         |
| <b>Total</b> | <b>390 686 029,97</b> | <b>394 214 891,67</b> | <b>784 900 921,62</b> | <b>318 380 610,38</b> | <b>509 936 190,99</b> | <b>828 316 801,41</b> |

Tabela A.10: Função de Benefício Social mensal – Outubro, hora 19, Cenário Original (€)

| <b>Dia</b>   | <b>Q1</b>             | <b>Q2</b>             | <b>Q3</b>             | <b>Q4</b>             | <b>Total</b>          |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1            | 4 717 521,38          | 3 018 622,64          | 3 105 874,14          | 3 020 964,28          | 13 862 982,44         |
| 2            | 3 428 417,10          | 3 337 679,14          | 3 181 082,29          | 3 397 905,53          | 13 345 084,06         |
| 3            | 3 353 430,49          | 3 374 009,24          | 3 331 334,71          | 3 292 148,01          | 13 350 922,45         |
| 4            | 2 765 746,59          | 2 840 652,55          | 3 064 798,71          | 3 081 861,58          | 11 753 059,43         |
| 5            | 3 313 077,48          | 3 358 256,60          | 3 412 323,06          | 3 460 433,18          | 13 544 090,32         |
| 6            | 3 680 323,99          | 3 726 935,07          | 3 697 949,89          | 3 711 305,13          | 14 816 514,08         |
| 7            | 3 068 348,75          | 3 166 897,41          | 3 489 543,17          | 3 899 598,97          | 13 624 388,30         |
| 8            | 3 668 240,54          | 3 276 401,84          | 3 289 447,02          | 3 508 894,63          | 13 742 984,03         |
| 9            | 4 761 445,27          | 4 745 679,83          | 3 502 305,41          | 3 448 733,89          | 16 458 164,40         |
| 10           | 3 540 790,68          | 3 247 930,37          | 3 199 252,86          | 3 304 210,76          | 13 292 184,67         |
| 11           | 2 795 548,34          | 2 975 245,38          | 2 597 716,76          | 2 402 107,57          | 10 770 618,05         |
| 12           | 2 393 103,83          | 2 198 852,31          | 2 288 565,54          | 2 345 188,40          | 9 225 710,08          |
| 13           | 3 433 185,27          | 3 670 193,57          | 3 912 092,56          | 3 891 629,05          | 14 907 100,45         |
| 14           | 3 284 913,80          | 3 449 640,18          | 3 789 392,25          | 4 089 934,76          | 14 613 881,00         |
| 15           | 3 623 598,38          | 3 827 024,46          | 3 845 063,91          | 4 223 344,75          | 15 519 031,50         |
| 16           | 3 735 855,52          | 3 853 866,51          | 3 847 979,24          | 4 047 921,80          | 15 485 623,07         |
| 17           | 3 286 240,14          | 3 344 477,24          | 3 558 878,45          | 3 877 302,85          | 14 066 898,68         |
| 18           | 2 556 940,69          | 2 372 972,47          | 2 380 683,67          | 2 447 709,09          | 9 758 305,92          |
| 19           | 3 181 630,33          | 2 830 260,28          | 2 964 865,24          | 2 661 668,39          | 11 638 424,24         |
| 20           | 4 751 664,72          | 3 188 244,20          | 3 185 534,86          | 3 035 379,76          | 14 160 823,54         |
| 21           | 3 730 823,09          | 3 705 150,94          | 3 692 968,15          | 3 536 421,35          | 14 665 363,53         |
| 22           | 3 509 033,37          | 3 560 250,73          | 3 548 424,42          | 3 548 291,12          | 14 165 999,64         |
| 23           | 4 487 167,66          | 2 932 420,64          | 3 012 793,91          | 3 011 299,25          | 13 443 681,46         |
| 24           | 3 259 044,82          | 3 446 493,74          | 3 466 656,50          | 3 524 218,72          | 13 696 413,78         |
| 25           | 3 010 006,29          | 2 906 040,15          | 2 926 500,00          | 2 885 454,17          | 11 728 000,61         |
| 26           | 2 446 961,45          | 2 484 428,56          | 2 445 534,46          | 2 570 915,09          | 9 947 839,56          |
| 27           | 3 850 485,62          | 3 867 799,00          | 3 981 892,78          | 4 006 174,97          | 15 706 352,37         |
| 28           | 3 549 470,37          | 3 567 048,53          | 3 578 787,65          | 3 603 194,87          | 14 298 501,42         |
| 29           | 4 144 477,89          | 4 171 516,03          | 4 195 565,08          | 4 219 738,67          | 16 731 297,67         |
| 30           | 3 042 047,18          | 3 044 824,73          | 3 001 799,92          | 3 070 111,02          | 12 158 782,85         |
| 31           | 3 127 372,57          | 3 114 030,29          | 3 115 406,78          | 3 122 721,03          | 12 479 530,67         |
| <b>Total</b> | <b>107 496 913,60</b> | <b>102 603 844,63</b> | <b>102 611 013,39</b> | <b>104 246 782,64</b> | <b>416 958 554,26</b> |

Tabela A.11: Função de Benefício Social mensal – Outubro, hora 20, Cenário Original (€)

| Dia          | Q1                    | Q2                    | Q3                    | Q4                    | Total                 |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1            | 3 324 661,79          | 3 304 804,14          | 3 415 841,59          | 3 731 677,23          | 13 776 984,75         |
| 2            | 3 976 968,84          | 4 022 158,66          | 3 964 156,92          | 4 033 658,08          | 15 996 942,50         |
| 3            | 3 874 668,14          | 3 775 267,20          | 3 815 744,95          | 3 800 875,38          | 15 266 555,67         |
| 4            | 2 988 340,06          | 3 016 192,50          | 2 913 595,95          | 2 956 632,80          | 11 874 761,31         |
| 5            | 2 888 986,24          | 2 957 194,60          | 2 715 236,21          | 2 578 319,96          | 11 139 737,01         |
| 6            | 4 192 900,61          | 4 179 790,03          | 3 939 469,77          | 3 515 344,41          | 15 827 504,82         |
| 7            | 4 268 852,01          | 4 347 828,44          | 4 093 610,45          | 3 697 476,31          | 16 407 767,21         |
| 8            | 3 557 947,67          | 3 592 071,60          | 3 614 589,40          | 3 428 155,93          | 14 192 764,60         |
| 9            | 3 418 487,90          | 3 423 774,30          | 3 444 096,77          | 3 417 293,07          | 13 703 652,04         |
| 10           | 3 132 650,12          | 3 181 269,53          | 3 188 035,41          | 2 879 191,59          | 12 381 146,65         |
| 11           | 2 393 863,99          | 2 441 111,55          | 2 403 878,18          | 2 472 774,83          | 9 711 628,55          |
| 12           | 2 322 398,92          | 2 353 700,26          | 2 384 575,64          | 2 445 059,50          | 9 505 734,32          |
| 13           | 3 805 851,20          | 3 869 955,53          | 3 873 017,28          | 4 028 130,52          | 15 576 954,53         |
| 14           | 4 159 324,53          | 4 195 249,22          | 4 220 343,04          | 4 435 326,54          | 17 010 243,33         |
| 15           | 4 233 110,69          | 4 140 829,62          | 4 136 680,00          | 4 467 871,73          | 16 978 492,04         |
| 16           | 4 108 771,09          | 4 056 541,24          | 4 253 060,39          | 4 404 026,17          | 16 822 398,89         |
| 17           | 3 958 798,75          | 4 116 445,97          | 4 230 648,72          | 4 304 425,97          | 16 610 319,41         |
| 18           | 2 449 491,99          | 2 688 853,54          | 2 672 996,74          | 2 922 278,26          | 10 733 620,53         |
| 19           | 2 557 356,61          | 2 561 820,19          | 2 387 049,64          | 2 355 816,33          | 9 862 042,77          |
| 20           | 2 819 156,18          | 2 799 361,55          | 2 883 673,68          | 3 026 952,12          | 11 529 143,53         |
| 21           | 3 638 956,81          | 3 645 231,61          | 3 671 004,73          | 3 681 825,52          | 14 637 018,67         |
| 22           | 3 628 847,96          | 3 649 974,82          | 3 675 508,72          | 3 496 713,11          | 14 451 044,61         |
| 23           | 3 198 051,24          | 2 893 914,72          | 2 934 093,19          | 2 964 331,40          | 11 990 390,55         |
| 24           | 3 582 509,03          | 3 743 555,87          | 3 810 004,26          | 3 834 146,54          | 14 970 215,70         |
| 25           | 2 985 761,68          | 3 018 677,63          | 3 046 610,34          | 2 929 988,53          | 11 981 038,18         |
| 26           | 2 646 032,42          | 2 681 277,98          | 2 646 929,43          | 2 681 685,86          | 10 655 925,69         |
| 27           | 3 859 840,23          | 3 930 253,88          | 3 960 861,94          | 3 989 155,28          | 15 740 111,33         |
| 28           | 3 617 946,78          | 3 650 723,75          | 3 678 149,57          | 3 706 669,57          | 14 653 489,67         |
| 29           | 4 232 231,98          | 4 263 144,01          | 4 292 128,65          | 4 309 082,23          | 17 096 586,87         |
| 30           | 3 171 118,45          | 3 321 196,18          | 3 364 481,70          | 3 399 042,38          | 13 255 838,71         |
| 31           | 3 162 818,28          | 3 172 810,44          | 3 187 767,80          | 3 202 057,91          | 12 725 454,43         |
| <b>Total</b> | <b>106 156 702,19</b> | <b>106 994 980,56</b> | <b>106 817 841,06</b> | <b>107 095 985,06</b> | <b>427 065 508,87</b> |



Tabela A.12: Função de Benefício Social mensal – Outubro, hora 19, Cenário Simulado (€)

| <b>Dia</b>   | <b>Q1</b>             | <b>Q2</b>             | <b>Q3</b>             | <b>Q4</b>             | <b>Total</b>          |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1            | 5 631 428,86          | 3 929 282,31          | 4 027 069,24          | 3 970 293,88          | 17 558 074,29         |
| 2            | 4 392 034,82          | 4 296 733,53          | 4 151 564,96          | 4 380 613,78          | 17 220 947,09         |
| 3            | 4 287 090,68          | 4 291 046,74          | 4 260 402,32          | 4 218 913,54          | 17 057 453,28         |
| 4            | 3 684 683,14          | 3 735 102,87          | 3 924 216,15          | 3 946 375,05          | 15 290 377,21         |
| 5            | 4 216 009,22          | 4 267 909,39          | 4 286 971,01          | 4 327 833,47          | 17 098 723,09         |
| 6            | 4 605 721,34          | 4 656 044,86          | 4 602 592,09          | 4 572 414,40          | 18 436 772,69         |
| 7            | 4 024 059,30          | 4 128 691,05          | 4 429 207,87          | 4 803 949,69          | 17 385 907,91         |
| 8            | 4 582 083,45          | 4 201 212,73          | 4 226 564,34          | 4 432 934,23          | 17 442 794,75         |
| 9            | 5 675 366,97          | 5 655 651,27          | 4 411 375,79          | 4 370 003,46          | 20 112 397,49         |
| 10           | 4 422 112,97          | 4 134 976,34          | 4 094 794,54          | 4 182 434,05          | 16 834 317,90         |
| 11           | 3 550 947,74          | 3 738 969,42          | 3 371 222,36          | 3 194 230,72          | 13 855 370,24         |
| 12           | 3 076 937,02          | 2 894 285,89          | 2 998 707,88          | 3 078 855,18          | 12 048 785,97         |
| 13           | 4 374 905,73          | 4 627 314,05          | 4 885 835,09          | 4 877 306,45          | 18 765 361,32         |
| 14           | 4 270 844,99          | 4 456 716,07          | 4 804 660,87          | 5 137 076,76          | 18 669 298,69         |
| 15           | 4 598 801,16          | 4 796 235,34          | 4 822 622,22          | 5 229 683,54          | 19 447 342,26         |
| 16           | 4 675 939,11          | 4 800 876,28          | 4 810 339,12          | 5 020 654,09          | 19 307 808,60         |
| 17           | 4 228 559,16          | 4 293 669,13          | 4 512 633,73          | 4 837 670,05          | 17 872 532,07         |
| 18           | 3 290 119,53          | 3 114 219,47          | 3 120 926,56          | 3 199 666,48          | 12 724 932,04         |
| 19           | 3 998 396,79          | 3 646 532,69          | 3 757 878,74          | 3 444 742,60          | 14 847 550,82         |
| 20           | 5 693 344,57          | 4 099 611,66          | 4 095 484,23          | 3 940 939,53          | 17 829 379,99         |
| 21           | 4 770 709,99          | 4 737 670,23          | 4 704 720,74          | 4 526 426,72          | 18 739 527,68         |
| 22           | 4 646 238,23          | 4 704 327,89          | 4 685 339,44          | 4 583 538,52          | 18 619 444,08         |
| 23           | 5 556 208,09          | 3 911 646,25          | 3 993 309,16          | 3 969 593,58          | 17 430 757,08         |
| 24           | 4 207 624,27          | 4 411 165,88          | 4 440 377,30          | 4 498 346,69          | 17 557 514,14         |
| 25           | 3 865 347,79          | 3 770 874,77          | 3 790 621,25          | 3 708 014,62          | 15 134 858,43         |
| 26           | 3 289 898,07          | 3 333 738,62          | 3 289 118,66          | 3 418 130,32          | 13 330 885,67         |
| 27           | 4 834 087,94          | 4 855 889,38          | 4 971 016,31          | 5 001 846,04          | 19 662 839,67         |
| 28           | 4 497 771,45          | 4 519 940,63          | 4 537 897,13          | 4 568 138,90          | 18 123 748,11         |
| 29           | 5 142 228,41          | 5 172 781,35          | 5 204 391,35          | 5 231 932,71          | 20 751 333,82         |
| 30           | 3 981 936,66          | 3 997 508,99          | 3 969 104,41          | 4 050 742,70          | 16 999 292,76         |
| 31           | 4 081 520,24          | 4 064 577,47          | 4 067 230,94          | 4 078 990,44          | 16 292 319,09         |
| <b>Total</b> | <b>136 152 957,69</b> | <b>131 245 202,55</b> | <b>131 248 195,80</b> | <b>132 802 292,19</b> | <b>531 448 648,23</b> |

Tabela A.13: Função de Benefício Social mensal – Outubro, hora 20, Cenário Simulado (€)

| <b>Dia</b>   | <b>Q1</b>            | <b>Q2</b>            | <b>Q3</b>            | <b>Q4</b>            | <b>Total</b>          |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| 1            | 2 857 766,33         | 2 836 279,56         | 2 948 608,30         | 3 248 370,05         | 11 891 024,24         |
| 2            | 3 472 847,71         | 3 528 072,54         | 3 466 771,81         | 3 534 511,45         | 14 002 203,51         |
| 3            | 3 412 541,44         | 3 318 234,81         | 3 356 368,82         | 3 342 148,39         | 13 429 293,46         |
| 4            | 2 534 818,79         | 2 582 534,35         | 2 503 133,58         | 2 541 935,01         | 10 162 421,73         |
| 5            | 2 075 980,11         | 2 128 628,64         | 2 098 503,37         | 2 160 141,45         | 8 463 253,57          |
| 6            | 3 275 573,07         | 3 262 049,80         | 3 146 170,82         | 3 056 836,08         | 12 740 629,77         |
| 7            | 3 323 352,92         | 3 394 460,57         | 3 297 594,81         | 3 198 097,99         | 13 213 506,29         |
| 8            | 2 658 719,51         | 2 677 468,50         | 2 693 211,02         | 2 592 160,20         | 10 621 559,23         |
| 9            | 2 524 059,91         | 2 527 928,71         | 2 538 691,66         | 2 500 443,01         | 10 091 123,29         |
| 10           | 2 432 104,65         | 2 446 821,59         | 2 443 059,91         | 2 360 109,99         | 9 682 096,14          |
| 11           | 2 025 361,41         | 2 068 285,80         | 2 027 711,92         | 2 089 320,45         | 8 210 679,58          |
| 12           | 1 985 337,22         | 2 013 160,83         | 2 027 535,23         | 2 087 394,55         | 8 113 427,83          |
| 13           | 3 357 687,56         | 3 417 042,41         | 3 416 700,17         | 3 566 241,46         | 13 757 671,60         |
| 14           | 3 685 988,15         | 3 718 649,68         | 3 750 377,65         | 3 955 319,46         | 15 110 334,94         |
| 15           | 3 655 257,78         | 3 653 306,80         | 3 682 693,65         | 3 992 679,29         | 14 983 937,52         |
| 16           | 3 520 301,54         | 3 607 296,53         | 3 795 440,22         | 3 938 982,66         | 14 862 020,95         |
| 17           | 3 517 800,91         | 3 671 612,62         | 3 783 513,14         | 3 855 285,50         | 14 828 212,17         |
| 18           | 2 087 886,32         | 2 280 823,14         | 2 312 797,99         | 2 552 193,07         | 9 233 700,52          |
| 19           | 1 928 056,93         | 1 943 658,70         | 1 924 458,89         | 1 962 575,97         | 7 758 750,49          |
| 20           | 2 332 117,59         | 2 326 124,67         | 2 408 751,69         | 2 545 614,43         | 9 612 608,38          |
| 21           | 2 650 642,05         | 2 659 671,51         | 2 694 154,90         | 2 708 622,26         | 10 713 090,72         |
| 22           | 2 611 729,97         | 2 632 698,90         | 2 657 234,09         | 2 506 549,89         | 10 408 212,85         |
| 23           | 2 668 339,29         | 2 398 543,10         | 2 436 201,05         | 2 472 597,35         | 9 975 680,79          |
| 24           | 3 124 879,79         | 3 278 620,04         | 3 342 170,90         | 3 366 619,97         | 13 112 290,70         |
| 25           | 2 589 526,08         | 2 618 542,45         | 2 644 486,29         | 2 536 854,75         | 10 389 409,57         |
| 26           | 2 254 326,92         | 2 289 759,46         | 2 255 976,39         | 2 286 929,79         | 9 086 992,56          |
| 27           | 3 387 374,68         | 3 452 707,27         | 3 480 160,60         | 3 504 815,05         | 13 825 057,60         |
| 28           | 3 143 602,28         | 3 173 094,30         | 3 195 797,15         | 3 218 909,74         | 12 731 403,47         |
| 29           | 3 754 052,77         | 3 782 010,34         | 3 808 465,03         | 3 821 901,87         | 15 166 430,01         |
| 30           | 2 700 870,92         | 2 842 571,26         | 2 878 790,05         | 2 906 933,41         | 11 329 165,64         |
| 31           | 2 679 703,32         | 2 689 713,17         | 2 703 709,78         | 2 714 792,10         | 10 787 918,37         |
| <b>Total</b> | <b>88 228 607,92</b> | <b>89 220 372,05</b> | <b>89 719 240,88</b> | <b>91 125 886,64</b> | <b>358 294 107,49</b> |

Tabela A.14: Função de Benefício Social mensal – Novembro, hora 19, Cenário Original (€)

| <b>Dia</b>   | <b>Q1</b>             | <b>Q2</b>             | <b>Q3</b>             | <b>Q4</b>             | <b>Total</b>          |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1            | 2 850 816,67          | 2 721 787,84          | 2 718 810,98          | 2 755 948,11          | 11 047 363,60         |
| 2            | 2 718 984,62          | 2 516 606,00          | 2 609 289,71          | 2 650 331,45          | 10 495 211,78         |
| 3            | 3 349 650,63          | 3 371 548,79          | 3 397 245,24          | 3 420 084,91          | 13 538 529,57         |
| 4            | 3 333 421,15          | 3 338 519,16          | 3 345 002,45          | 3 356 709,61          | 13 373 652,37         |
| 5            | 3 233 179,45          | 3 244 037,42          | 3 243 243,98          | 3 198 370,48          | 12 918 831,33         |
| 6            | 3 687 542,31          | 3 773 235,06          | 3 783 703,59          | 3 818 427,43          | 15 062 908,39         |
| 7            | 2 946 105,82          | 2 914 347,77          | 2 947 669,52          | 3 002 170,83          | 11 810 293,94         |
| 8            | 2 952 739,52          | 3 105 940,94          | 3 200 307,65          | 3 363 782,68          | 12 622 770,79         |
| 9            | 2 586 845,59          | 2 563 524,51          | 2 563 721,45          | 2 559 457,32          | 10 273 548,87         |
| 10           | 3 400 905,71          | 3 427 929,04          | 3 461 068,04          | 3 503 695,73          | 13 793 598,52         |
| 11           | 3 254 874,54          | 3 294 623,04          | 3 335 828,81          | 3 370 140,36          | 13 255 466,75         |
| 12           | 3 523 535,09          | 3 546 065,21          | 3 505 231,62          | 3 510 385,18          | 14 085 217,10         |
| 13           | 3 485 410,94          | 3 587 848,68          | 3 687 819,62          | 3 744 858,94          | 14 505 938,18         |
| 14           | 3 559 413,40          | 3 578 595,42          | 3 577 061,61          | 3 587 053,15          | 14 302 123,58         |
| 15           | 2 722 342,67          | 2 718 974,44          | 2 734 895,40          | 2 780 891,04          | 10 957 103,55         |
| 16           | 2 643 293,41          | 2 721 150,17          | 2 814 853,28          | 2 670 720,45          | 10 850 017,31         |
| 17           | 3 182 416,02          | 3 417 290,65          | 3 452 766,50          | 3 495 888,75          | 13 548 361,92         |
| 18           | 3 809 588,83          | 3 838 646,16          | 3 895 403,43          | 3 983 510,59          | 15 527 149,01         |
| 19           | 3 538 703,56          | 3 569 813,32          | 3 605 691,71          | 3 632 123,94          | 14 346 332,53         |
| 20           | 4 116 333,09          | 4 118 945,37          | 4 116 388,63          | 4 122 537,48          | 16 474 204,57         |
| 21           | 4 269 416,50          | 4 262 405,41          | 4 260 582,10          | 4 269 498,12          | 17 061 902,13         |
| 22           | 3 854 872,50          | 3 872 091,94          | 3 891 739,57          | 3 746 382,02          | 15 365 086,03         |
| 23           | 3 708 592,19          | 3 729 142,57          | 3 750 537,30          | 3 769 840,77          | 14 958 112,83         |
| 24           | 4 377 169,67          | 4 402 583,35          | 4 428 687,72          | 4 450 653,98          | 17 659 094,72         |
| 25           | 3 978 547,36          | 4 131 453,49          | 4 179 512,38          | 4 229 790,69          | 16 519 303,92         |
| 26           | 4 563 892,18          | 4 563 513,19          | 4 567 905,30          | 4 575 644,57          | 18 270 955,24         |
| 27           | 3 851 443,53          | 3 850 941,27          | 4 024 301,14          | 4 044 429,42          | 15 771 115,36         |
| 28           | 4 166 575,54          | 4 174 642,43          | 4 179 869,40          | 4 195 965,42          | 16 717 052,79         |
| 29           | 3 211 940,21          | 3 228 226,80          | 3 250 170,75          | 3 268 637,75          | 12 958 975,51         |
| 30           | 3 348 709,90          | 3 360 240,75          | 3 316 762,49          | 3 338 731,94          | 13 364 445,08         |
| <b>Total</b> | <b>104 227 262,60</b> | <b>104 944 670,19</b> | <b>105 846 071,37</b> | <b>106 416 663,11</b> | <b>421 434 667,27</b> |

Tabela A.15: Função de Benefício Social mensal – Novembro, hora 20, Cenário Original (€)

| <b>Dia</b>   | <b>Q1</b>             | <b>Q2</b>             | <b>Q3</b>             | <b>Q4</b>             | <b>Total</b>          |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1            | 2 760 286,30          | 2 770 863,11          | 2 782 987,10          | 2 794 977,83          | 11 109 114,34         |
| 2            | 2 650 356,13          | 2 689 981,16          | 2 726 253,62          | 2 761 229,27          | 10 827 820,18         |
| 3            | 3 403 140,21          | 3 435 453,08          | 3 466 881,98          | 3 494 154,41          | 13 799 629,68         |
| 4            | 3 367 392,67          | 3 387 704,66          | 3 406 470,71          | 3 427 605,31          | 13 589 173,35         |
| 5            | 3 291 318,86          | 3 322 248,89          | 3 344 160,16          | 3 368 751,28          | 13 326 479,19         |
| 6            | 3 794 664,48          | 3 744 527,55          | 3 542 344,87          | 3 504 472,05          | 14 586 008,95         |
| 7            | 3 132 377,53          | 3 192 137,20          | 3 275 018,69          | 3 347 223,42          | 12 946 756,84         |
| 8            | 2 946 214,94          | 2 890 406,63          | 2 799 555,99          | 2 603 419,17          | 11 239 596,73         |
| 9            | 2 608 138,34          | 2 670 977,06          | 2 791 063,98          | 2 870 952,45          | 10 941 131,83         |
| 10           | 3 512 694,59          | 3 543 130,20          | 3 573 591,14          | 3 587 706,15          | 14 217 122,08         |
| 11           | 3 368 793,07          | 3 400 763,30          | 3 418 997,66          | 3 448 530,52          | 13 637 084,55         |
| 12           | 3 523 581,75          | 3 374 511,84          | 3 405 581,44          | 3 436 027,04          | 13 739 702,07         |
| 13           | 3 558 231,33          | 3 449 616,74          | 3 415 323,62          | 3 543 556,81          | 13 966 728,50         |
| 14           | 3 558 936,55          | 3 589 786,97          | 3 655 011,20          | 3 680 217,11          | 14 483 951,83         |
| 15           | 2 951 003,76          | 2 921 100,38          | 2 783 743,93          | 2 776 509,44          | 11 432 357,51         |
| 16           | 2 873 517,17          | 2 980 690,16          | 3 073 162,32          | 3 139 972,20          | 12 067 341,85         |
| 17           | 3 584 156,93          | 3 502 095,67          | 3 414 300,76          | 3 223 836,84          | 13 724 390,20         |
| 18           | 4 044 001,46          | 4 126 699,14          | 4 238 870,96          | 4 290 035,14          | 16 699 606,70         |
| 19           | 3 609 782,69          | 3 644 708,10          | 3 670 201,56          | 3 703 993,49          | 14 628 685,84         |
| 20           | 4 144 175,28          | 4 156 048,58          | 4 160 440,10          | 4 169 273,26          | 16 629 937,22         |
| 21           | 4 498 407,30          | 4 500 081,02          | 4 503 541,42          | 4 477 982,92          | 17 980 012,66         |
| 22           | 3 911 543,93          | 3 862 557,23          | 3 501 187,35          | 3 294 975,15          | 14 570 263,66         |
| 23           | 3 814 919,95          | 3 838 055,53          | 3 853 218,36          | 3 871 246,59          | 15 377 440,43         |
| 24           | 4 455 201,72          | 4 473 805,27          | 4 494 776,34          | 4 517 237,72          | 17 941 021,05         |
| 25           | 4 160 468,61          | 4 064 730,86          | 3 901 139,48          | 3 826 775,80          | 15 953 114,75         |
| 26           | 4 577 407,72          | 4 584 893,68          | 4 411 049,44          | 4 194 191,01          | 17 767 541,85         |
| 27           | 4 045 744,83          | 4 062 510,66          | 4 076 656,70          | 4 091 794,44          | 16 276 706,63         |
| 28           | 4 199 868,26          | 4 210 059,72          | 4 219 006,62          | 4 231 212,78          | 16 860 147,38         |
| 29           | 3 271 920,91          | 3 291 778,76          | 3 306 223,00          | 3 318 047,84          | 13 187 970,51         |
| 30           | 3 118 201,64          | 3 063 433,12          | 2 902 540,72          | 2 926 327,80          | 12 010 503,28         |
| <b>Total</b> | <b>106 736 448,91</b> | <b>106 745 356,27</b> | <b>106 113 301,22</b> | <b>105 922 235,24</b> | <b>425 517 341,64</b> |

Tabela A.16: Função de Benefício Social mensal – Novembro, hora 19, Cenário Simulado (€)

| <b>Dia</b>   | <b>Q1</b>             | <b>Q2</b>             | <b>Q3</b>             | <b>Q4</b>             | <b>Total</b>          |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1            | 3 652 274,94          | 3 532 416,79          | 3 538 206,06          | 3 581 493,54          | 14 304 391,33         |
| 2            | 3 498 344,77          | 3 307 129,31          | 3 414 595,74          | 3 463 745,83          | 13 683 815,65         |
| 3            | 4 290 753,99          | 4 321 802,12          | 4 350 889,00          | 4 380 453,75          | 17 343 898,86         |
| 4            | 4 333 400,69          | 4 350 931,76          | 4 369 168,71          | 4 387 327,50          | 17 440 828,66         |
| 5            | 4 332 204,49          | 4 346 910,91          | 4 345 162,05          | 4 304 265,33          | 17 328 542,78         |
| 6            | 4 710 492,61          | 4 792 369,46          | 4 793 071,34          | 4 826 579,50          | 19 122 512,91         |
| 7            | 3 901 342,23          | 3 881 784,28          | 3 914 227,59          | 3 977 049,31          | 15 674 403,41         |
| 8            | 3 807 818,44          | 3 957 940,96          | 4 048 269,84          | 4 199 686,91          | 16 013 716,15         |
| 9            | 3 374 037,60          | 3 358 043,55          | 3 368 597,18          | 3 373 133,10          | 13 473 811,43         |
| 10           | 4 360 447,37          | 4 386 597,50          | 4 428 094,04          | 4 473 619,44          | 17 648 758,35         |
| 11           | 4 260 536,40          | 4 308 959,89          | 4 350 854,25          | 4 393 542,86          | 17 313 893,40         |
| 12           | 4 666 545,06          | 4 620 928,29          | 4 585 921,24          | 4 593 857,23          | 18 467 251,82         |
| 13           | 4 663 190,45          | 4 758 056,15          | 4 854 901,06          | 4 928 394,74          | 19 204 542,40         |
| 14           | 4 698 266,93          | 4 719 270,16          | 4 720 812,50          | 4 733 206,26          | 18 871 555,85         |
| 15           | 3 718 778,06          | 3 718 946,62          | 3 731 707,38          | 3 775 492,59          | 14 944 924,65         |
| 16           | 3 484 980,85          | 3 571 760,66          | 3 675 574,49          | 3 538 130,38          | 14 270 446,38         |
| 17           | 4 188 281,91          | 4 413 527,29          | 4 446 067,04          | 4 476 311,20          | 17 524 187,44         |
| 18           | 4 877 973,80          | 4 898 722,96          | 4 959 316,21          | 5 053 303,77          | 19 789 316,74         |
| 19           | 4 533 512,32          | 4 566 409,68          | 4 607 607,13          | 4 646 016,41          | 18 353 545,54         |
| 20           | 5 192 133,72          | 5 197 043,65          | 5 194 437,48          | 5 200 541,83          | 20 784 156,68         |
| 21           | 5 344 504,77          | 5 337 220,20          | 5 332 087,57          | 5 335 420,57          | 21 349 233,11         |
| 22           | 4 824 780,49          | 4 840 221,37          | 4 828 362,88          | 4 673 957,04          | 19 167 321,78         |
| 23           | 4 705 005,34          | 4 733 311,19          | 4 758 087,56          | 4 780 224,16          | 18 976 628,25         |
| 24           | 5 535 128,21          | 5 560 459,08          | 5 595 103,84          | 5 618 109,17          | 22 308 800,30         |
| 25           | 5 057 746,21          | 5 209 129,17          | 5 247 115,44          | 5 294 991,41          | 20 808 982,23         |
| 26           | 5 681 990,46          | 5 676 339,82          | 5 666 222,83          | 5 653 552,89          | 22 678 106,00         |
| 27           | 4 912 354,38          | 4 904 608,56          | 5 091 178,74          | 5 111 043,57          | 20 019 185,25         |
| 28           | 5 220 615,94          | 5 224 735,49          | 5 230 014,37          | 5 249 974,65          | 20 925 340,45         |
| 29           | 4 113 618,15          | 4 136 646,00          | 4 163 361,29          | 4 185 828,87          | 16 599 454,31         |
| 30           | 4 274 311,24          | 4 287 880,63          | 4 237 200,58          | 4 266 613,06          | 17 066 005,51         |
| <b>Total</b> | <b>134 215 371,82</b> | <b>134 920 103,50</b> | <b>135 846 215,43</b> | <b>136 475 866,87</b> | <b>541 457 557,62</b> |

Tabela A.17: Função de Benefício Social mensal – Novembro, hora 20, Cenário Simulado (€)

| <b>Dia</b>   | <b>Q1</b>            | <b>Q2</b>            | <b>Q3</b>            | <b>Q4</b>            | <b>Total</b>          |
|--------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| 1            | 2 363 684,18         | 2 372 189,96         | 2 381 712,35         | 2 389 487,86         | 9 507 074,35          |
| 2            | 2 270 873,95         | 2 305 681,55         | 2 336 591,93         | 2 365 688,54         | 9 278 835,97          |
| 3            | 2 936 117,98         | 2 963 720,79         | 2 992 324,54         | 3 014 091,76         | 11 906 255,07         |
| 4            | 2 852 021,52         | 2 866 314,84         | 2 879 379,81         | 2 895 873,33         | 11 493 589,50         |
| 5            | 2 730 897,71         | 2 759 837,65         | 2 780 728,63         | 2 802 915,58         | 11 074 379,57         |
| 6            | 2 773 435,77         | 2 724 828,19         | 2 619 347,40         | 2 622 333,65         | 10 739 945,01         |
| 7            | 2 641 810,08         | 2 697 427,11         | 2 777 682,58         | 2 846 134,12         | 10 963 053,89         |
| 8            | 2 228 553,73         | 2 230 418,99         | 2 220 350,73         | 2 177 734,54         | 8 857 057,99          |
| 9            | 2 219 680,14         | 2 276 727,04         | 2 389 015,20         | 2 462 076,21         | 9 347 498,59          |
| 10           | 3 033 498,87         | 3 060 309,50         | 3 087 285,24         | 3 099 083,07         | 12 280 176,68         |
| 11           | 2 855 491,90         | 2 882 753,61         | 2 897 449,43         | 2 921 761,55         | 11 557 456,49         |
| 12           | 2 944 468,43         | 2 815 642,40         | 2 842 700,04         | 2 869 764,84         | 11 472 575,71         |
| 13           | 2 818 762,94         | 2 802 492,84         | 2 824 109,75         | 2 942 516,06         | 11 387 881,59         |
| 14           | 3 006 779,11         | 3 035 021,06         | 3 096 029,05         | 3 118 940,80         | 12 256 770,02         |
| 15           | 2 268 233,16         | 2 270 939,12         | 2 236 912,86         | 2 266 210,54         | 9 042 295,68          |
| 16           | 2 459 958,86         | 2 560 116,91         | 2 647 030,69         | 2 709 522,58         | 10 376 629,04         |
| 17           | 2 754 339,61         | 2 745 804,48         | 2 733 350,32         | 2 690 760,72         | 10 924 255,13         |
| 18           | 3 518 232,85         | 3 596 032,48         | 3 701 766,13         | 3 747 842,08         | 14 563 873,54         |
| 19           | 3 092 645,20         | 3 123 485,72         | 3 145 020,84         | 3 174 358,59         | 12 535 510,35         |
| 20           | 3 066 406,81         | 3 070 477,13         | 3 071 204,38         | 3 079 519,11         | 12 287 607,43         |
| 21           | 3 427 649,98         | 3 429 549,68         | 3 433 207,02         | 3 407 069,35         | 13 697 476,03         |
| 22           | 2 940 832,11         | 2 891 556,43         | 2 702 273,44         | 2 652 582,97         | 11 187 244,95         |
| 23           | 2 816 393,74         | 2 829 714,31         | 2 840 156,64         | 2 855 374,73         | 11 341 639,42         |
| 24           | 3 288 736,14         | 3 306 777,02         | 3 318 828,46         | 3 339 738,20         | 13 254 079,82         |
| 25           | 3 077 311,95         | 3 014 440,17         | 2 977 414,07         | 2 962 889,21         | 12 032 055,40         |
| 26           | 3 460 891,12         | 3 468 015,26         | 3 297 137,43         | 3 238 637,46         | 13 464 681,27         |
| 27           | 3 510 065,96         | 3 523 175,47         | 3 535 507,60         | 3 547 897,47         | 14 116 646,50         |
| 28           | 3 678 722,54         | 3 688 421,48         | 3 696 115,34         | 3 706 583,39         | 14 769 842,75         |
| 29           | 2 821 807,44         | 2 838 305,31         | 2 849 912,91         | 2 858 512,71         | 11 368 538,37         |
| 30           | 2 454 403,43         | 2 459 511,72         | 2 434 890,99         | 2 465 846,54         | 9 814 652,68          |
| <b>Total</b> | <b>86 312 707,21</b> | <b>86 609 688,22</b> | <b>86 745 435,80</b> | <b>87 231 747,56</b> | <b>346 899 578,79</b> |

Tabela A.18: Função de Benefício Social mensal – Dezembro, hora 19, Cenário Original (€)

| <b>Dia</b>   | <b>Q1</b>             | <b>Q2</b>             | <b>Q3</b>             | <b>Q4</b>             | <b>Total</b>          |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1            | 3 709 346,81          | 3 723 728,60          | 3 737 897,29          | 3 756 944,51          | 14 927 917,21         |
| 2            | 3 549 130,13          | 3 523 697,40          | 3 476 312,22          | 3 469 446,94          | 14 018 586,69         |
| 3            | 4 267 032,65          | 4 261 034,86          | 4 336 584,32          | 4 346 456,70          | 17 211 108,53         |
| 4            | 4 295 387,61          | 4 306 128,15          | 4 324 127,91          | 4 336 981,13          | 17 262 624,80         |
| 5            | 3 619 429,82          | 3 561 000,24          | 3 603 464,75          | 3 540 016,91          | 14 323 911,72         |
| 6            | 3 243 344,81          | 3 252 802,24          | 3 265 146,68          | 3 239 556,24          | 13 000 849,97         |
| 7            | 3 174 197,06          | 3 073 605,95          | 3 088 018,44          | 3 103 627,32          | 12 439 448,77         |
| 8            | 3 099 127,03          | 3 127 602,07          | 3 164 079,15          | 3 124 020,11          | 12 514 828,36         |
| 9            | 3 831 847,04          | 3 825 082,41          | 3 828 076,95          | 3 840 565,17          | 15 325 571,57         |
| 10           | 4 696 573,99          | 4 726 014,64          | 4 762 349,98          | 4 786 520,95          | 18 971 459,56         |
| 11           | 4 036 279,59          | 4 069 657,41          | 4 101 634,77          | 4 120 968,33          | 16 328 540,10         |
| 12           | 3 779 802,05          | 3 745 324,01          | 3 714 501,89          | 3 709 508,15          | 14 949 136,10         |
| 13           | 3 011 869,92          | 2 996 043,04          | 2 960 047,37          | 2 950 701,30          | 11 918 661,63         |
| 14           | 3 072 312,10          | 3 086 920,21          | 3 102 810,94          | 3 126 764,26          | 12 388 807,51         |
| 15           | 3 849 900,06          | 3 848 481,33          | 3 846 861,49          | 3 848 272,86          | 15 393 515,74         |
| 16           | 3 819 680,37          | 3 854 090,73          | 3 985 113,28          | 3 980 948,89          | 15 639 833,27         |
| 17           | 4 342 067,88          | 4 376 178,53          | 4 394 410,56          | 4 412 247,81          | 17 524 904,78         |
| 18           | 3 794 023,12          | 3 823 499,11          | 3 849 909,07          | 3 878 280,79          | 15 345 712,09         |
| 19           | 4 052 459,63          | 4 061 580,36          | 4 075 966,45          | 4 088 581,46          | 16 278 587,90         |
| 20           | 2 964 846,17          | 2 998 269,49          | 3 030 933,85          | 3 006 859,42          | 12 000 908,93         |
| 21           | 3 153 691,18          | 3 293 287,77          | 3 267 740,68          | 3 328 027,93          | 13 042 747,56         |
| 22           | 4 687 978,74          | 4 528 079,60          | 4 535 417,36          | 4 513 546,71          | 18 265 022,41         |
| 23           | 3 618 748,65          | 3 724 352,45          | 3 702 334,24          | 3 752 171,02          | 14 797 606,36         |
| 24           | 3 669 672,99          | 3 746 444,66          | 3 749 722,84          | 3 800 572,94          | 14 966 413,43         |
| 25           | 3 051 767,22          | 3 182 115,46          | 3 233 106,27          | 3 259 495,81          | 12 726 484,76         |
| 26           | 3 960 360,90          | 3 939 354,01          | 3 920 999,89          | 3 926 886,82          | 15 747 601,62         |
| 27           | 3 812 474,64          | 3 758 861,81          | 3 925 615,74          | 3 857 116,80          | 15 354 068,99         |
| 28           | 3 209 274,86          | 3 236 763,25          | 3 361 420,73          | 3 385 412,10          | 13 192 870,94         |
| 29           | 3 877 886,11          | 3 874 165,11          | 3 865 814,89          | 3 888 123,70          | 15 505 989,81         |
| 30           | 3 462 504,44          | 3 429 547,66          | 3 403 308,30          | 3 441 248,49          | 13 736 608,89         |
| 31           | 3 648 903,17          | 3 704 218,32          | 3 723 926,13          | 3 744 036,17          | 14 821 083,79         |
| <b>Total</b> | <b>114 361 920,74</b> | <b>114 657 930,88</b> | <b>115 337 654,43</b> | <b>115 563 907,74</b> | <b>460 921 413,79</b> |

Tabela A.19: Função de Benefício Social mensal – Dezembro, hora 20, Cenário Original (€)

| Dia          | Q1                    | Q2                    | Q3                    | Q4                    | Total                 |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1            | 3 762 653,27          | 3 777 100,96          | 3 795 076,89          | 3 814 028,14          | 15 148 859,26         |
| 2            | 3 697 963,84          | 3 748 102,51          | 3 837 267,34          | 3 900 790,18          | 15 184 123,87         |
| 3            | 4 452 291,19          | 4 470 691,18          | 4 394 841,99          | 4 270 880,18          | 17 588 704,54         |
| 4            | 4 418 907,49          | 4 433 603,60          | 4 450 803,19          | 4 463 492,40          | 17 766 806,68         |
| 5            | 3 492 939,34          | 3 585 516,92          | 3 413 860,86          | 3 335 949,36          | 13 828 266,48         |
| 6            | 3 352 897,14          | 3 361 484,89          | 3 371 694,94          | 3 383 973,64          | 13 470 050,61         |
| 7            | 3 088 921,06          | 3 108 688,18          | 3 126 472,93          | 3 145 186,12          | 12 469 268,29         |
| 8            | 3 106 778,01          | 3 208 512,03          | 3 237 415,86          | 3 261 907,26          | 12 814 613,16         |
| 9            | 3 832 384,89          | 3 847 186,25          | 3 859 144,33          | 3 873 414,96          | 15 412 130,43         |
| 10           | 4 735 917,15          | 4 766 731,88          | 4 779 251,59          | 4 800 162,48          | 19 082 063,10         |
| 11           | 4 101 275,09          | 4 127 232,88          | 4 152 519,68          | 4 175 634,21          | 16 556 661,86         |
| 12           | 3 775 990,46          | 3 816 379,34          | 3 873 714,44          | 3 932 494,02          | 15 398 578,26         |
| 13           | 3 223 242,17          | 3 256 797,34          | 3 338 700,66          | 3 356 671,46          | 13 175 411,63         |
| 14           | 3 180 001,01          | 3 201 207,47          | 3 219 294,10          | 3 239 716,87          | 12 840 219,45         |
| 15           | 3 874 824,99          | 3 882 531,83          | 3 890 342,73          | 3 900 915,92          | 15 548 615,47         |
| 16           | 3 801 127,65          | 3 733 078,84          | 3 625 672,31          | 3 713 778,86          | 14 873 657,66         |
| 17           | 4 419 464,10          | 4 437 399,79          | 5 486 355,07          | 4 488 437,44          | 18 831 656,40         |
| 18           | 3 853 840,13          | 3 867 568,60          | 3 888 377,97          | 3 915 615,78          | 15 525 402,48         |
| 19           | 4 070 293,74          | 4 082 287,80          | 4 095 584,18          | 4 106 877,61          | 16 355 043,33         |
| 20           | 3 547 618,65          | 3 581 292,52          | 3 490 192,47          | 3 433 636,32          | 14 052 739,96         |
| 21           | 3 351 345,04          | 3 326 560,14          | 3 258 169,00          | 3 272 329,50          | 13 208 403,68         |
| 22           | 4 343 983,41          | 4 283 229,32          | 4 133 863,94          | 4 028 094,43          | 16 789 171,10         |
| 23           | 3 850 677,03          | 3 934 324,12          | 4 093 366,06          | 4 216 154,71          | 16 094 521,92         |
| 24           | 3 759 204,07          | 3 768 550,11          | 3 775 494,45          | 3 763 213,95          | 15 066 462,58         |
| 25           | 3 479 620,54          | 3 494 372,98          | 3 513 439,79          | 3 570 272,16          | 14 057 705,47         |
| 26           | 4 022 218,66          | 4 002 910,10          | 4 044 405,75          | 4 054 286,36          | 16 123 820,87         |
| 27           | 4 094 522,60          | 4 230 046,72          | 4 263 443,35          | 4 176 522,94          | 16 764 535,61         |
| 28           | 3 869 957,21          | 3 947 844,74          | 3 910 968,95          | 3 743 682,14          | 15 472 453,04         |
| 29           | 3 891 011,39          | 3 900 634,53          | 3 916 456,29          | 3 928 314,39          | 15 636 416,60         |
| 30           | 3 427 342,07          | 3 484 420,57          | 3 585 442,49          | 3 667 000,21          | 14 164 205,34         |
| 31           | 3 745 392,24          | 3 757 695,50          | 3 769 111,16          | 3 774 766,13          | 15 046 965,03         |
| <b>Total</b> | <b>117 624 605,63</b> | <b>118 423 983,64</b> | <b>119 590 744,76</b> | <b>118 708 200,13</b> | <b>474 347 534,16</b> |



Tabela A.20: Função de Benefício Social mensal – Dezembro, hora 19, Cenário Simulado (€)

| <b>Dia</b>   | <b>Q1</b>             | <b>Q2</b>             | <b>Q3</b>             | <b>Q4</b>             | <b>Total</b>          |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1            | 4 732 362,20          | 4 752 018,71          | 4 770 968,67          | 4 796 449,85          | 19 051 799,43         |
| 2            | 4 604 279,08          | 4 569 422,30          | 4 526 089,28          | 4 511 850,95          | 18 211 641,61         |
| 3            | 5 391 260,21          | 5 392 194,43          | 5 465 329,68          | 5 466 482,84          | 21 715 267,16         |
| 4            | 5 459 978,45          | 5 468 007,50          | 5 490 109,01          | 5 507 513,84          | 21 925 608,80         |
| 5            | 4 680 883,83          | 4 625 164,68          | 4 662 488,04          | 4 596 411,04          | 18 564 947,59         |
| 6            | 4 298 354,57          | 4 303 197,71          | 4 314 390,10          | 4 287 083,66          | 17 203 026,04         |
| 7            | 4 084 639,65          | 3 984 829,90          | 4 001 785,40          | 4 019 817,49          | 16 091 072,44         |
| 8            | 4 026 042,50          | 4 065 031,15          | 4 108 509,58          | 4 072 701,37          | 16 272 284,60         |
| 9            | 4 883 869,25          | 4 873 767,41          | 4 883 108,14          | 4 902 568,24          | 19 543 313,04         |
| 10           | 5 801 627,71          | 5 838 471,16          | 5 877 037,65          | 5 909 300,71          | 23 426 437,23         |
| 11           | 5 089 503,93          | 5 126 620,46          | 5 165 674,34          | 5 191 852,82          | 20 573 651,55         |
| 12           | 4 797 637,29          | 4 764 904,18          | 4 731 973,68          | 4 731 744,99          | 19 026 260,14         |
| 13           | 3 913 373,38          | 3 901 025,80          | 3 869 060,74          | 3 863 582,88          | 15 547 042,80         |
| 14           | 3 928 421,67          | 3 949 460,13          | 3 972 086,85          | 4 003 428,73          | 15 853 397,38         |
| 15           | 4 889 121,34          | 4 892 590,41          | 4 898 190,04          | 4 907 218,69          | 19 587 120,48         |
| 16           | 4 875 650,50          | 4 895 132,01          | 5 008 294,24          | 5 007 341,25          | 19 786 418,00         |
| 17           | 5 363 452,54          | 5 394 854,19          | 5 516 380,85          | 5 439 436,09          | 21 714 123,67         |
| 18           | 4 853 264,92          | 4 881 418,13          | 4 914 211,97          | 4 955 589,31          | 19 604 484,33         |
| 19           | 5 062 189,79          | 5 075 489,71          | 5 093 899,47          | 5 110 279,60          | 20 341 858,57         |
| 20           | 3 924 975,37          | 3 971 930,03          | 4 006 214,29          | 3 983 000,58          | 15 886 120,27         |
| 21           | 4 124 320,32          | 4 259 140,39          | 4 229 607,12          | 4 307 524,23          | 16 920 592,06         |
| 22           | 5 837 280,67          | 5 676 205,08          | 5 681 345,50          | 5 657 494,78          | 22 852 326,03         |
| 23           | 4 724 467,50          | 4 844 793,54          | 4 844 219,75          | 4 906 697,87          | 19 320 178,66         |
| 24           | 4 754 090,56          | 4 831 920,15          | 4 838 638,05          | 4 888 350,79          | 19 312 999,55         |
| 25           | 3 944 142,35          | 4 084 839,00          | 4 145 279,46          | 4 177 629,29          | 16 351 890,10         |
| 26           | 5 006 581,13          | 4 988 372,10          | 4 972 323,93          | 4 982 263,48          | 19 949 540,64         |
| 27           | 4 863 385,54          | 4 822 829,67          | 4 996 029,35          | 4 921 262,67          | 19 603 507,23         |
| 28           | 4 210 639,65          | 4 250 932,15          | 4 377 340,75          | 4 391 553,81          | 17 230 466,36         |
| 29           | 4 859 179,39          | 4 844 559,27          | 4 838 358,82          | 4 875 898,05          | 19 417 995,53         |
| 30           | 4 435 402,32          | 4 406 726,61          | 4 385 231,65          | 4 428 636,90          | 17 655 997,48         |
| 31           | 4 592 637,32          | 4 638 591,52          | 4 653 950,18          | 4 662 740,41          | 18 547 919,43         |
| <b>Total</b> | <b>146 013 014,93</b> | <b>146 374 439,48</b> | <b>147 238 126,58</b> | <b>147 463 707,21</b> | <b>587 089 288,20</b> |

Tabela A.21: Função de Benefício Social mensal – Dezembro, hora 20, Cenário Simulado (€)

| <b>Dia</b>   | <b>Q1</b>            | <b>Q2</b>            | <b>Q3</b>             | <b>Q4</b>             | <b>Total</b>          |
|--------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1            | 3 224 142,76         | 3 235 077,25         | 3 249 383,12          | 3 265 075,59          | 12 973 678,72         |
| 2            | 3 151 312,16         | 3 197 466,21         | 3 280 447,99          | 3 337 396,15          | 12 966 622,51         |
| 3            | 3 324 407,19         | 3 335 036,30         | 3 256 826,90          | 3 188 363,09          | 13 104 633,48         |
| 4            | 3 250 512,50         | 3 265 576,67         | 3 276 829,34          | 3 283 574,55          | 13 076 493,06         |
| 5            | 2 806 832,47         | 2 840 329,83         | 2 797 164,04          | 2 790 206,81          | 11 234 533,15         |
| 6            | 2 850 744,33         | 2 860 040,58         | 2 870 134,08          | 2 881 148,58          | 11 462 067,57         |
| 7            | 2 639 360,11         | 2 658 071,32         | 2 674 519,92          | 2 690 668,50          | 10 662 619,85         |
| 8            | 2 651 468,31         | 2 746 967,05         | 2 771 585,11          | 2 792 750,19          | 10 962 770,66         |
| 9            | 3 288 294,78         | 3 302 772,38         | 3 312 486,05          | 3 323 232,40          | 13 226 785,61         |
| 10           | 4 177 574,32         | 4 204 377,36         | 4 213 701,59          | 4 230 165,55          | 16 825 818,82         |
| 11           | 3 561 012,66         | 3 582 065,95         | 3 603 219,04          | 3 622 565,87          | 14 368 863,52         |
| 12           | 3 248 285,48         | 3 285 890,59         | 3 340 353,09          | 3 395 490,26          | 13 270 019,42         |
| 13           | 2 762 908,64         | 2 793 930,29         | 2 872 234,62          | 2 887 038,50          | 11 316 112,05         |
| 14           | 2 740 317,30         | 2 756 831,45         | 2 770 868,08          | 2 786 754,18          | 11 054 771,01         |
| 15           | 3 317 368,73         | 3 322 577,62         | 3 326 672,39          | 3 333 326,14          | 13 299 944,88         |
| 16           | 3 113 358,10         | 3 099 651,96         | 3 075 164,03          | 3 157 190,14          | 12 445 364,23         |
| 17           | 3 876 164,35         | 3 891 306,80         | 4 348 201,29          | 3 935 010,67          | 16 050 683,11         |
| 18           | 3 301 408,61         | 3 312 858,15         | 3 330 303,06          | 3 353 401,31          | 13 297 971,13         |
| 19           | 3 555 538,63         | 3 564 997,39         | 3 576 209,00          | 3 585 477,76          | 14 282 222,78         |
| 20           | 2 769 453,36         | 2 789 348,17         | 2 770 245,05          | 2 760 780,16          | 11 089 826,74         |
| 21           | 2 660 534,59         | 2 661 368,07         | 2 649 618,01          | 2 758 406,06          | 10 729 926,73         |
| 22           | 3 384 198,81         | 3 375 769,69         | 3 343 622,57          | 3 325 196,62          | 13 428 787,69         |
| 23           | 3 300 239,44         | 3 377 184,80         | 3 525 601,31          | 3 640 258,53          | 13 843 284,08         |
| 24           | 3 239 468,14         | 3 245 942,60         | 3 250 475,94          | 3 235 429,77          | 12 971 316,45         |
| 25           | 3 042 496,67         | 3 052 576,70         | 3 064 666,93          | 3 116 166,69          | 12 275 906,99         |
| 26           | 3 519 112,79         | 3 498 070,03         | 3 537 361,10          | 3 545 328,11          | 14 099 872,03         |
| 27           | 3 112 038,95         | 3 158 168,44         | 3 184 739,52          | 3 146 969,83          | 12 601 916,74         |
| 28           | 3 051 299,48         | 3 073 830,27         | 3 066 252,11          | 3 023 954,45          | 12 215 336,31         |
| 29           | 3 401 118,75         | 3 408 570,55         | 3 419 817,08          | 3 428 259,21          | 13 657 765,59         |
| 30           | 2 931 493,85         | 2 983 683,59         | 3 078 940,57          | 3 154 352,97          | 12 148 470,98         |
| 31           | 3 276 770,01         | 3 286 790,56         | 3 296 260,98          | 3 300 702,83          | 13 160 524,38         |
| <b>Total</b> | <b>98 529 236,27</b> | <b>99 167 128,62</b> | <b>100 133 903,91</b> | <b>100 274 641,47</b> | <b>398 104 910,27</b> |