



## **Gestão nos Serviços com Sistemas de Monitorização e Implementação do Smart Pricing**

**MARCO ANDRÉ BRÁS DA MOTA**

Julho de 2016

# **Gestão nos Serviços com Sistemas de Monitorização e Implementação do Smart Pricing**

Marco André Brás Mota



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

**2016**



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

Candidato: Marco André Brás Mota, Nº 1090328, 1090328@isep.ipp.pt

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

Empresa: PH Energia Lda.

Supervisão: João Brito, jbrito@energiasimples.pt



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

**2016**



“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.

Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Martin Luther King)



## Agradecimentos

No decorrer deste projeto, foram várias as pessoas que contribuíram para o seu sucesso. Deste modo, não poderia deixar de demonstrar o meu mais profundo agradecimento nomeadamente:

À minha namorada pela compreensão e apoio nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, que sempre me deram as melhores condições para cumprir os meus objetivos, pela paciência e compreensão.

Ao Professor Manuel Azevedo, orientador no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), pela oportunidade que me foi dada para a realização do projeto estágio na empresa PH Energia, e também pela qualidade da orientação, atenção despendida, bem como pelos conselhos e críticas que se revelaram cruciais para a realização desta dissertação, desenvolvida ao longo de vários meses, o que permitiu a consecução da mesma.

Manifesto ainda o meu agradecimento a todos os colaboradores da PH Energia Lda., cuja prontidão, simpatia e disponibilidade permitiram uma rápida integração na empresa.

Não posso dispensar o agradecimento a todos os colegas e amigos com quem convivi ao longo de todo o curso que me ajudaram a ultrapassar algumas adversidades.

E assim para concluir, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para o meu trabalho, um enorme muito obrigado.



## Resumo

A presente dissertação foi elaborada no âmbito do Mestrado em Engenharia Electrotécnica (MEE) no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), em regime empresarial, na empresa PH Energia Lda.

Tem-se verificado que, ao longo dos últimos anos, os mercados estão cada vez mais competitivos, tornando-se quase imperativo que as empresas apostem numa boa otimização dos processos produtivos. Produzir cada vez mais, mais rapidamente e com menos recursos disponíveis, ou seja, de forma eficiente, são os desafios de todas as empresas que pretendem permanecer no mercado.

Neste contexto surge o tema de tese, “Gestão nos Serviços com Sistemas de Monitorização e Implementação do Smart Pricing”, cujo objetivo tem como base principal a otimização das plataformas da PH Energia numa cultura de melhoria contínua e orientação para o cliente e promover aplicação da tarifa indexada e *Smart Pricing* em empresas de maneira a que exista uma maior poupança.

Ao longo desta dissertação, foram desenvolvidos cálculos associados à monitorização e gestão nos serviços, bem como demonstrada a viabilidade dos mesmos na aplicação de tarifas indexadas e *Smart Pricing* no setor empresarial e, para finalizar, a compensação que é possível obter ao deslocar o diagrama de cargas, mantendo sempre o mesmo consumo.

Na elaboração deste trabalho fez-se o cruzamento de duas plataformas informáticas designadas GesEnergy e Kisense, com ajuda da empresa VPS que tem como parceria a empresa Energia Simples. Em relação ao plano indexado, foram realizados dois estudos de dois balcões do Banco Popular de Portugal de forma a explicitar quando e como deve ser aplicada a tarifa indexada, gestão da procura, bem como deve ser deslocação do consumo, de forma a abranger as horas mais vantajosas em que o preço de energia elétrica é mais baixo.

## Palavras-Chave

Mercado liberalizado, Tarifa indexada, Previsão de consumo, *Demand Response*, *Smart Pricing*

## Abstract

*The present dissertation was prepared in the Master in Electrical Engineering (MEE) in Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP) in business rules, the company PH Energy Lda.*

*It has been found that, over the past few years, markets are increasingly competitive, making it almost imperative for companies to engage in a good optimization of production processes. Produce more and more, faster and with fewer resources available, meaning efficiently are the challenges for all companies who intend to stay in the market.*

*In this context the thesis topic comes up, "Management in Services Monitoring Systems and Implementation of Smart Pricing", whose main objective is the optimization of the platforms of PH Energy in a culture of continuous improvement and customer orientation, as well as to promote the application of indexed tariff and smart pricing in companies, in such a way that there are greater companies.*

*Along this dissertation, calculations associated with monitoring and management services have been developed, as well as demonstrated the viability of the same in the application of indexed tariffs and Smart Pricing in the business sector and, finally, the compensation that is possible to get by moving the diagram loads, while maintaining the same consumption.*

*While preparing this work, the intersection of two computer platforms designated GesEnergy and Kisense, has been done with the help of a company named VPS whose partner is the Simple Energy Company. Regarding indexed plan, two studies of two balconies of People's Bank of Portugal were conducted in order to clarify when and how it should be applied the indexed tariff, the demand management, as well as how should be the displacement of consumption, in way to cover the more advantageous hours which the electricity price is lower.*

## Keywords

*Liberalized market, Dynamic tariff, Forecast consumption, Demand Response, Smart Pricing*

# Índice

<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>III</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS.....</b>	<b>XI</b>
<b>LISTAGEM DE ACRÓNIMOS.....</b>	<b>XIII</b>
<b>NOMENCLATURA.....</b>	<b>XV</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1.APRESENTAÇÃO.....	1
1.2.ENQUADRAMENTO GERAL.....	1
1.3.OBJETIVOS.....	2
1.4.ESTRUTURA DO RELATÓRIO.....	3
<b>2. ESTADO DA ARTE.....</b>	<b>5</b>
2.1.MERCADO IBÉRICO DE ELETRICIDADE – MIBEL.....	5
2.1.1.    MERCADO SPOT DIÁRIO.....	7
2.1.2.    MERCADO SPOT INTRADIÁRIO.....	11
2.2.SISTEMAS DE MONITORIZAÇÃO.....	12
2.2.1.    VANTAGENS E DESVANTAGENS.....	12
2.3.TARIFAS FIXAS E INDEXADAS.....	14
2.3.1.    TARIFAS FIXAS.....	15
2.3.1.1.    TARIFA SIMPLES.....	15
2.3.1.2.    TARIFA BI-HORÁRIO.....	15
2.3.1.3.    TARIFA TRI-HORÁRIO.....	16
2.3.1.4.    TARIFA TETRA-HORÁRIO.....	18
2.3.2.    TARIFAS INDEXADAS.....	18
2.3.2.1.    TARIFA CRITICAL PEAK REBATES.....	18
2.3.2.2.    TARIFAS REAL-TIME PRICING.....	18
2.3.2.3.    TARIFAS CRITICAL PEAK PRICING.....	19
2.3.2.4.    TARIFAS TIME-OF-USE.....	19
2.4.CONCEITO DE PRODUÇÃO DISTRIBUÍDA.....	20
2.4.1.    VANTAGENS.....	21
2.4.2.    DESVANTAGENS.....	22

2.5.FUTURA EVOLUÇÃO NOS SEE NA PRODUÇÃO DESCENTRALIZADA.....	22
2.6.DEMAND RESPONSE (GESTÃO DA PROCURA).....	23
2.6.1.    DEMAND SIDE MANAGEMENT (DSM) - GESTÃO DA PROCURA.....	24
<b>3.    MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA.....</b>	<b>27</b>
3.1. <i>SMART PRICING</i> .....	27
3.2.MERCADO OMIE / SPOT .....	30
3.3.TARIFA INDEXADA .....	33
3.3.1.    FUNCIONAMENTO DA TARIFA INDEXADA .....	33
3.3.2.    DIFERENÇA EXISTENTE ENTRE A TARIFA FIXA E A TARIFA INDEXADA.....	33
3.3.3.    FORMULAÇÃO MATEMÁTICA PARA O CÁLCULO INDEXADO.....	35
3.3.3.1.    TARIFAS DE ACESSO ÀS REDES.....	36
3.3.3.2.    PREÇO OMIE .....	36
3.3.3.3.    CGS .....	37
3.3.3.4.    COEFICIENTE DE PERDAS .....	37
3.3.3.5.    SPREAD DA EMPRESA (K) .....	38
<b>4.    CASOS DE ESTUDO.....</b>	<b>39</b>
4.1.ENQUADRAMENTO PARA O CASO DE ESTUDO .....	39
4.1.1.    SITUAÇÃO DOS PREÇOS DA ENERGIA ELÉTRICA EM 2015 E 2016 .....	40
4.2.CASO DE ESTUDO PARA O BALCÃO DE COIMBRA SOLUM.....	41
4.2.1.    ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO DO TARIFÁRIO INDEXADO PARA 2015.....	41
4.2.1.1.    ESTUDO NA REDUÇÃO NO SISTEMA DE AVAC PARA 2015 .....	44
4.2.1.2.    ESTUDO NA IMPLEMENTAÇÃO DE DUAS OPÇÕES PARA 2015 .....	44
4.2.2.    ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO DO TARIFÁRIO INDEXADO PARA 2016.....	46
4.2.2.1.    ESTUDO NA REDUÇÃO NO SISTEMA DE AVAC PARA 2016 .....	48
4.2.2.2.    ESTUDO NA IMPLEMENTAÇÃO DE DUAS OPÇÕES PARA 2016 .....	49
4.2.3.    ANÁLISE ECONÓMICA FINANCEIRA DOS ESTUDOS DE 2015 E 2016 .....	50
4.3.CASO DE ESTUDO PARA O BALCÃO CESAR.....	51
4.3.1.    IMPLEMENTAÇÃO DO TARIFÁRIO INDEXADO .....	52
4.3.2.    IMPLEMENTAÇÃO DOS CENÁRIOS COM O TARIFÁRIO INDEXADO .....	53
4.3.3.    ANÁLISE ECONÓMICA FINANCEIRA PARA O ESTUDO DO BANCO CESAR .....	56
<b>5.    CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO A. TARIFAS DE ACESSO ÀS REDES, ANO 2016 .....</b>	<b>66</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1 - Estrutura do Setor Elétrico Nacional (SEN) em 1995</b>	6
<b>Figura 2 - Esquema Organizativo do MIBEL (adaptado)</b>	8
<b>Figura 3 - Preço horário do mercado diário (mercado spot) [39]</b>	9
<b>Figura 4 - Curvas agregadas de oferta e demanda - Hora:1</b>	10
<b>Figura 5 - Tarifa Simples (Energia Simples) [16]</b>	15
<b>Figura 6 - Tarifa Bi-horário, ciclo semanal (Energia Simples) [16]</b>	16
<b>Figura 7 - Tarifa Bi-horário, ciclo diário (Energia Simples) [16]</b>	16
<b>Figura 8 - Tarifa Tri-horário, ciclo semanal (Energia Simples) [16]</b>	17
<b>Figura 9 - Tarifa Tri-horário, ciclo diário (Energia Simples) [16]</b>	17
<b>Figura 10 - Horário para a tarifa tetra-horário</b>	18
<b>Figura 11 - Produção de energia elétrica a partir de fonte renováveis</b>	20
<b>Figura 12 - Tipos de tecnologia de produção distribuída (adaptado)</b>	21
<b>Figura 13 – Sistemas do Demand Response</b>	23
<b>Figura 14 - Representação de um consumo real com DSM e sem DSM</b>	25
<b>Figura 15 - Alterações ao diagrama de cargas</b>	26
<b>Figura 16 - Comparação do custo de energia espectável para os diferentes métodos</b>	28
<b>Figura 17 - Variação de preços de energia no mês de janeiro de 2016 (GesEnergy)</b>	30
<b>Figura 18 - Variação de preços de energia para o mês de março de 2016 (GesEnergy)</b>	30
<b>Figura 19 - Preços de energia elétrica no dia 08/08/2015 é época alta (OMIE)</b>	31
<b>Figura 20 - Preço de energia mais estável até às 20h num dia de inverno (OMIE)</b>	32
<b>Figura 21 - Preços de energia elétrica nos dias mais frios (OMIE)</b>	32
<b>Figura 22 - Preço de energia elétrica para o dia 18/06/2016 (OMIE)</b>	36

<b>Figura 23 - Perdas de 15 em 15 minutos no dia 1 de janeiro de 2016</b>	37
<b>Figura 24 - Valor máximo de energia em 2015 no dia 07/01/2015 [OMIE]</b>	40
<b>Figura 25 - Diagrama do custo da energia no dia 07/01/2016 [OMIE]</b>	40
<b>Figura 26 - Comparação sem e com indexado para 2015 nos primeiros 5 meses</b>	43
<b>Figura 27 – Comparação para todo o ano de 2015 com a redução do sistema AVAC</b>	44
<b>Figura 28 - Comparação para todo o ano 2015 com a 1ª e 2ª opção</b>	45
<b>Figura 29 - Comparação sem e com indexado para 2016 nos primeiros 5 meses</b>	48
<b>Figura 30 – Implementação da redução do sistema AVAC para os primeiros 5 meses</b>	48
<b>Figura 31 - Comparação para os primeiros 5 meses de 2016 com a 1ª e 2ª opção</b>	49
<b>Figura 32 - Comparação com aplicação do Smart Pricing em 2015 e 2016</b>	50
<b>Figura 33 - Comparação sem indexado com a 2ª opção</b>	50
<b>Figura 34 - Custo que o Balcão Cesar teve que pagar com a tarifa tri-horário no dia 22/01/2015</b>	
51	
<b>Figura 35 - Preços de energia para o dia 22/01/2015 (OMIE)</b>	52
<b>Figura 36 - Tri-horário e Tarifa indexada para o dia 22/01/2015</b>	53
<b>Figura 37 - O custo de energia com indexado e preço OMIE para o dia 22/01/2015</b>	54
<b>Figura 38 – Tarifa indexada com o cenário 1 e 2 para o dia 22/01/2015</b>	54
<b>Figura 39 – Tarifário indexado com o cenário 3 e 4 para o dia 22/01/2015</b>	55
<b>Figura 40 - Cenário perfeito com o cenário real e preço de energia</b>	55
<b>Figura 41 - Poupança relativa ao tarifário tri-horário do dia 22/01/2015</b>	56
<b>Figura 42 - Poupança para o balcão Coimbra Solum com o tarifário indexado para os primeiros 5 meses de cada ano</b>	60
<b>Figura 43 - Comparação do custo de energia espectável para os diferentes métodos</b>	60
<b>Figura 44 - Poupança relativa ao tarifário tri-horário do dia 22/01/2015</b>	61

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Sessões do Mercado Intradiário do MIBEL [OMIE]	11
Tabela 2 - Vantagens e Desvantagens da Monitorização	14
Tabela 3 - Comparação entre um “Ano Bom” e um “Ano Mau”	31
Tabela 4 - Vantagens e Desvantagens com a tarifa fixa	34
Tabela 5 - Vantagens e Desvantagens com a tarifa indexada	35
Tabela 6 - Unidades na tarifa de acesso às redes	36
Tabela 7 - Valores médios mensais para o "ano mau" e "ano bom" [OMIE]	41
Tabela 8 - Valor que o banco pagou em 2015 sem indexado	42
Tabela 9 - Valor caso tivesse o tarifário indexado em 2015	42
Tabela 10 - Valores sem e com indexado para os primeiros 5 meses do ano 2015	43
Tabela 11 - Valores sem e com indexado para o ano 2015	43
Tabela 12 - Valor que teria pago em 2015 se tivesse reduzido a potência do AVAC	44
Tabela 13 - Opções com os respetivos critérios, em conta o funcionamento do banco	45
Tabela 14 – Comparação do valor que teria pago em 2015 com a 1ª opção e 2ª opção	45
Tabela 15 - Valor que pagou em 2016 sem indexado	46
Tabela 16 - Valor que teria pago em 2016 com indexado	47
Tabela 17 - Valores sem e com indexado para os primeiros 5 meses do ano 2016	47
Tabela 18 - Valor que teria pago em 2016 se tivesse reduzido a potência do AVAC	48
Tabela 19 - Opções com os respetivos critérios, em conta o funcionamento do banco	49
Tabela 20 – Comparação do valor que teria pago em 2016 com a 1ª opção e 2ª opção	49
Tabela 21 - Preço máximo e mínimo dos anos 2015 e 2016	51
Tabela 22 – Cenários propostos	53

<b>Tabela 23 - Custo dos cenários com a respectiva poupança para o dia 22/01/2015</b>	<b>56</b>
<b>Tabela 24 - Custo final para os vários cenários para o dia 22/01/2015</b>	<b>57</b>
<b>Tabela 25 - Tarifas de Acesso às Redes em MAT, em 2016 [ERSE]</b>	<b>66</b>
<b>Tabela 26 - Tarifas de Acesso às Redes em AT, em 2016 [ERSE]</b>	<b>66</b>
<b>Tabela 27 - Tarifas de Acesso às Redes em MT, em 2016 [ERSE]</b>	<b>67</b>
<b>Tabela 28 - Tarifas de Acesso às Redes em BTE, em 2016 [ERSE]</b>	<b>67</b>
<b>Tabela 29 - TAR em BTN para PC superior a 20,7 kVA, em 2016 [ERSE]</b>	<b>68</b>
<b>Tabela 30 – Tarifas de Acesso às Redes em Baixa Tensão Normal para Potência Contratada igual ou inferior a 20,7 kVA, em 2016 [ERSE]</b>	<b>68</b>
<b>Tabela 31 – Tarifas Acesso às Redes em Baixa Tensão Normal Social para Potência Contratada igual ou inferior a 6,9 kVA, em 2016 [ERSE]</b>	<b>69</b>

## Listagem de Acrónimos

AT	–	Alta Tensão
BTE	–	Baixa tensão especial
BT	–	Baixa tensão
BTN	–	Baixa tensão normal
DR	–	<i>Demand response</i>
DSM	–	<i>Demand Side Management</i>
EDP	–	Energias de Portugal
ERSE	–	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
<i>IPO</i>	–	<i>Inicial Public Offering</i>
ISEP	–	Instituto Superior de Engenharia do Porto
MAT	–	Muito Alta Tensão
MEE	–	Mestrado em Engenharia Electrotécnica
MIBEL	–	Mercado Ibérico de eletricidade
MT	–	Média Tensão
OMIE	–	Operador Mercado Ibérico Espanhol
OMIP	–	Operador Mercado Ibérico Português
PC	–	Potência Contratada
RNT	–	Rede Nacional de Transporte
RTD	–	Redes de Transporte e Distribuição
<i>RTP</i>	–	<i>Real - Time Pricing</i>

- SEE – Sistemas Elétricos de Energia
- SEP – Sistemas elétrico de Potência
- SGE – Sistema de Gestão de Energia
- TAR – Tarifas de Acesso às Redes
- TI – Tarifa Indexada
- ToU* – *Time - Of - Use*
- TSO – *Technical Standard Order*
- VPS – *Virtual Power Solutions*

## Nomenclatura

$P_{\text{energia}}$	Preço de energia;
$P_{\text{TAR}}$	Preço de acesso à rede;
$P_{\text{OMIE}}$	Preço da energia horária;
CGS	Custos do gestor do sistema;
Perdas	Perdas horárias;
k	Spread da comercializadora.



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. APRESENTAÇÃO

Este trabalho teve como autor o aluno Marco Mota, aluno do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). Quanto ao seu percurso académico, o ensino secundário foi realizado no Colégio Internato dos Carvalhos (CIC), tendo sido concluído em 2008. Depois de ter finalizado este grau de ensino, realizou um estágio com duração de 6 meses na empresa Valsan. Após a conclusão do estágio ingressou no ensino superior, a saber: ISEP, no curso de Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia (EE-SEE). Atualmente encontra-se a frequentar o Mestrado de Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia (MEE-SEE).

O orientador interno foi o Professor Manuel Maria Pereira de Azevedo, docente no ISEP, responsável pelo departamento de física.

Relativamente ao projeto, aborda a temática da monitorização e gestão energética na área dos serviços, utilizando o conceito de *Smart Pricing, Demand Response*.

## 1.2. ENQUADRAMENTO GERAL

Este projeto teve como base uma proposta submetida pelo professor Manuel Azevedo, denominada “Gestão nos Serviços com Sistemas de Monitorização e Implementação do *Smart Pricing*”, a qual foi validada pelos responsáveis pelo MEE-SEE.

O presente tem mudado a mentalidade do consumidor face ao uso dos recursos, de tal forma que a população está cada vez mais sensibilizada relativamente aos hábitos praticados.

Em relação à energia elétrica, os controlos típicos dos consumos efetuados têm pouco detalhe, existindo alguma dificuldade em estabelecer conexões de causa-efeito entre os valores da energia consumida e a própria origem desse consumo.

Antes de existirem sistemas de monitorização, o consumidor não estava tão sensibilizado, de tal forma que só tinha como base a chapa de características onde adquiria a informação, como por exemplo a respetiva potência do equipamento, e assim, ao somar todos os equipamentos conseguia ter uma estimativa de quanto ia gastar, mas o erro dessa estimativa era relativamente alto.

Os sistemas de monitorização energética apresentam-se como a solução capaz de revelar ao utilizador a real evolução dos seus próprios consumos, passando a ser possível identificar eventuais pontos de deficiência do equipamento bem como medidas de redução do consumo elétrico.

Antes do mercado liberalizado a venda de energia elétrica era efetuada pela EDP, no entanto, hoje em dia com a implementação do mercado liberalizado, é possível comprar energia no mercado SPOT / OMIP, bem como vender essa mesma energia. A tarifa indexada veio, de certo modo revolucionar o mercado energético empresarial.

### **1.3. OBJETIVOS**

O presente projeto iniciou-se no dia 8 de fevereiro (08/02/2016) e teve o seu término no dia 1 de julho (01/07/2016).

Esta subsecção pretende evidenciar de forma mais sucinta os principais objetivos a atingir. É ainda importante salientar que foram elaboradas duas partes distintas, teórica e prática, sendo que a primeira pretende dar a conhecer o conceito *demand response* bem como a produção distribuída, as suas principais vantagens e desvantagens, e a apresentação das várias tarifas atuais em Portugal, apresentando também o novo conceito inovador da tarifa indexada, a qual se pretende focar na monitorização, gestão, *demand response* e Smart Pricing.

A segunda é composta pela apresentação do caso de estudo e respetivos resultados e conclusões retiradas através das simulações obtidas.

Na aplicação das simulações do tarifário indexado com a monitorização, gestão e *demand response* é realizada a diminuição de custos em diferentes cenários.

Para isto se tornar possível utilizou-se uma ferramenta e duas plataformas:

- Excel (Ferramenta);
- GesEnergy (Plataforma);
- Kisense (Plataforma).

Para além destes pontos, com esta dissertação pretende-se ainda a realização de um trabalho autónomo de pesquisa, melhorando assim estes aspetos supracitados, que se podem tornar relevantes em ambientes futuros.

## **1.4. ESTRUTURA DO RELATÓRIO**

O relatório encontra-se dividido em 5 capítulos. O capítulo inicial é de carácter introdutório ao tema, dando conceitos gerais ao leitor. O segundo capítulo refere-se ao estado da arte, ou seja, é feita uma definição dos conceitos de forma mais aprofundada. O terceiro capítulo apresenta ao leitor todo o raciocínio/processo usado pelo autor, de forma a ir ao encontro do objetivo do trabalho.

O capítulo 4 é constituído por casos de estudo, simulando os vários cenários importantes para o tema. No 5º e último capítulo é apresentada uma conclusão do trabalho realizado e propostas para eventuais trabalhos futuros.

A sequência de capítulos tem como objetivo guiar o leitor, de forma a obter um encadeamento lógico das ideias, a perceber e aprender.



## **2. ESTADO DA ARTE**

### **2.1. MERCADO IBÉRICO DE ELETRICIDADE – MIBEL**

Hoje em dia, a eletricidade é considerada um bem indispensável para a população, tanto para domésticos como para indústrias, e que tem vindo sempre a evoluir desde a produção até ao consumidor.

O mercado elétrico é constituído pela produção, transporte, distribuição e consumo, em que a produção deveria ser livre para que fosse possível uma maior poupança, no entanto, tal ainda não é permitido.

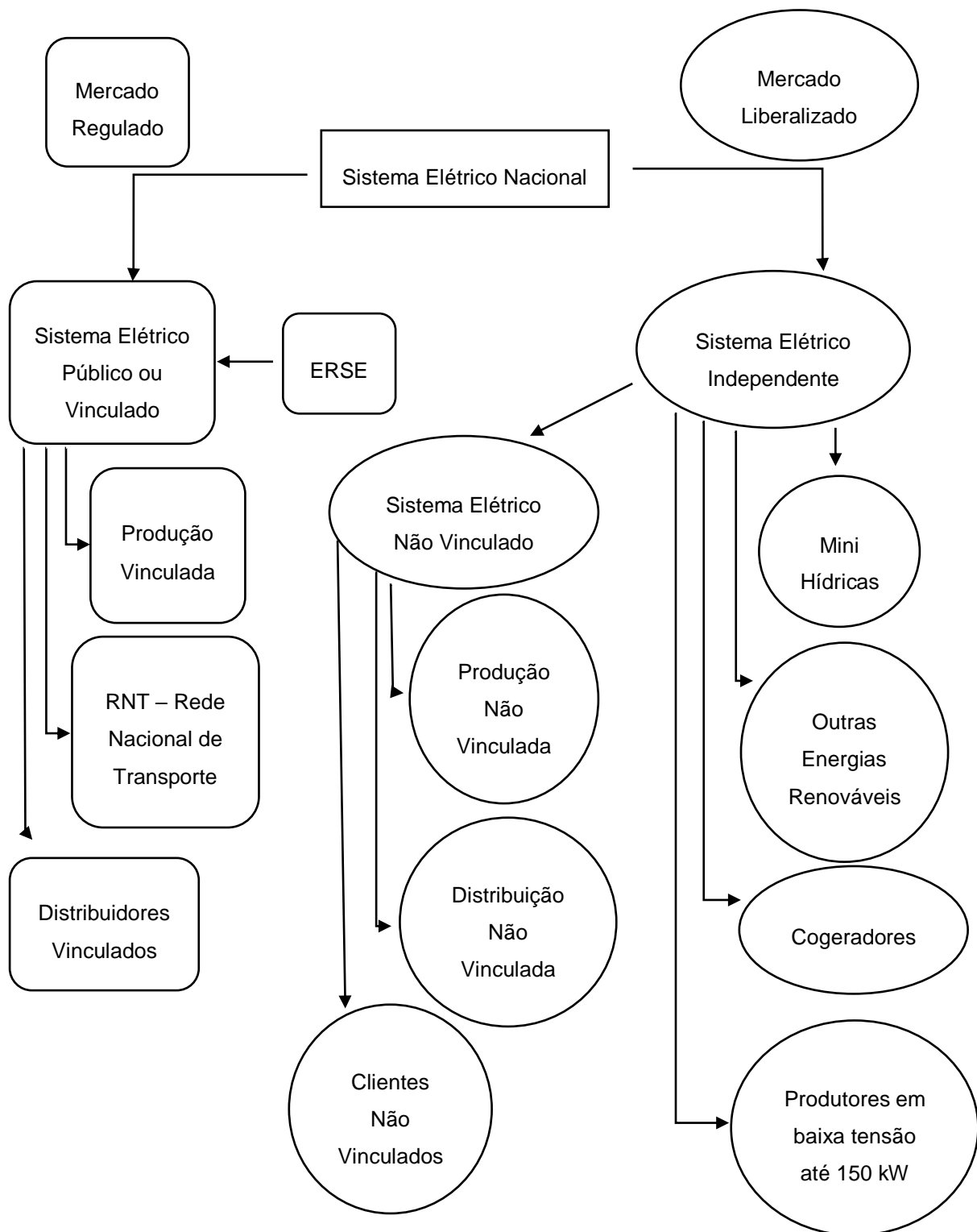
A distribuição e transporte está a cargo de uma concessão e, aparte da comercialização, atualmente é um mercado atualmente livre.

Em 1995 houve o primeiro avanço na liberalização do setor elétrico em Portugal, do qual resultou a criação de uma entidade reguladora, a ERSE.

Incumbia à ERSE a regulação do SEP e as suas relações comerciais com o SENV (Sistema Elétrico Não Vinculado), sendo o SEP constituído pela Rede Nacional de Transporte de Energia Elétrica (RNT), concessionada em regime de serviço público e em exclusividade à REN, e o conjunto de instalações de produção e distribuição em regime de licença vinculada ao SEP. No entanto, foi criado um sistema duplo para o comércio de eletricidade a nível grossista e retalhista.

Na realidade, o mercado de eletricidade Português é constituído por um Sistema Elétrico de Potência (SEP) e um sistema liberalizado, que é conhecido como sistema não vinculado (ver figura 1 acima representada).

Em 1995 existia uma estrutura do Setor Elétrico Nacional, a qual está representada na figura 1 [23].



**Figura 1 - Estrutura do Setor Elétrico Nacional (SEN) em 1995**

O processo de liberalização dos setores elétricos da maior parte dos países europeus foi efetuado de forma faseada entre 1995 e 2006, tendo começado por incluir os clientes de maiores consumos e níveis de tensão mais elevados.

Associada à liberalização e à estrutura do mercado interno de eletricidade está um esperado aumento da concorrência, com reflexo ao nível dos preços e da melhoria da qualidade do serviço, a que deverá corresponder uma maior satisfação dos consumidores de energia elétrica.

No contexto do funcionamento do mercado ibérico de energia, no seguimento do acordo celebrado entre Portugal e Espanha a 1 de outubro de 2004, surgiu a necessidade de formar um mercado liberalizado em Portugal e, como na altura o mesmo acontecimento estava a ocorrer em Espanha, criou-se um acordo entre Portugal e Espanha em 2004, que por sua vez levou à criação do mercado ibérico de energia, conhecido como Mercado Ibérico de Eletricidade (MIBEL) [3].

Embora existisse um consentimento mútuo entre Portugal e Espanha em criarem um mercado comum de energia, houve por sua vez algumas complicações, como por exemplo a habilidade de interligação entre os dois países e a compra de energia num determinado país e a sua venda noutro país, as quais foram resolvidas, havendo por fim uma condordância entre ambos os países relativamente ao contexto legal necessário para o comércio e sua posterior operação. Sucedeu-se então a criação de dois operadores que são os responsáveis pela gestão dos mercados organizados, como o OMIE e o OMIP.

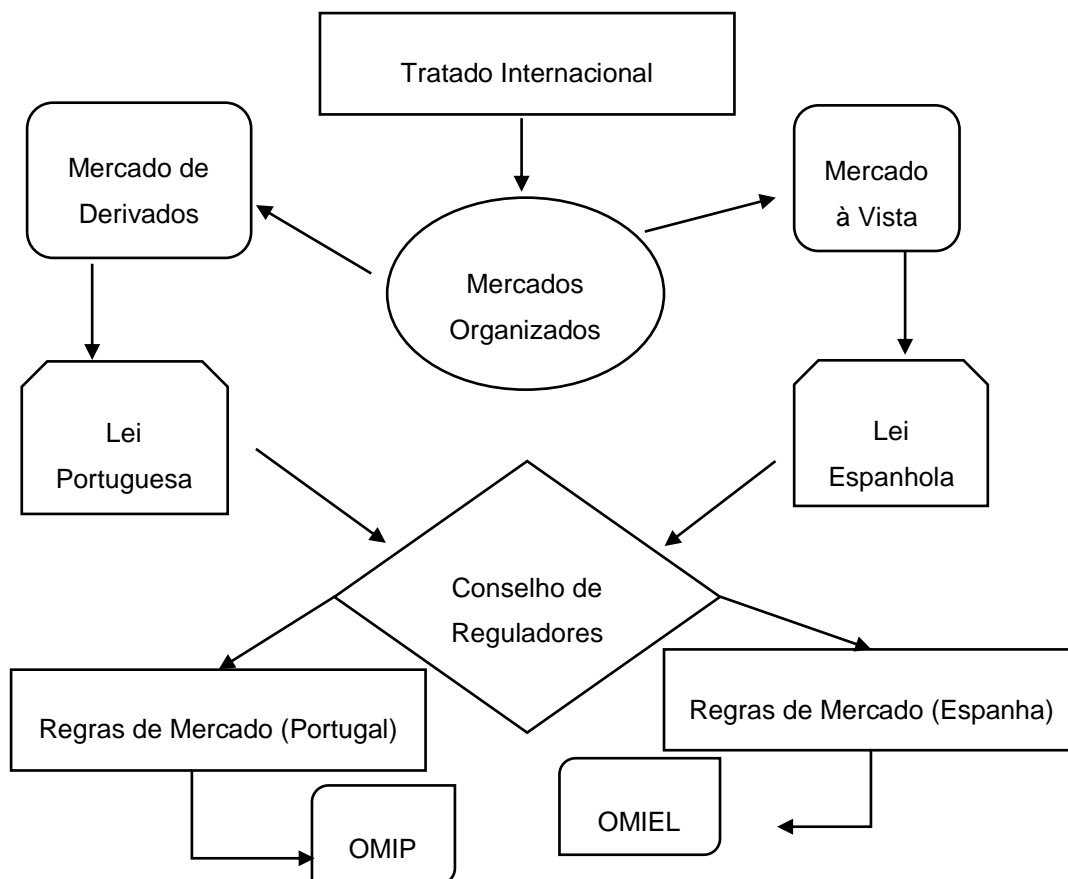
O Operador de Mercado Ibérico Espanhol (OMIE) é responsável pela gestão do mercado spot (diário e intradiário). O Operador de Mercado Ibérico Português (OMIP) é responsável pela gestão do mercado a prazo.

A função do Operador do Mercado Ibérico é permitir aos comercializadores comprarem energia elétrica no mercado diário e intradiário, conhecido como mercado spot, bem como no mercado a prazo ou de futuros. Tem como principais objetivos:

- Contribuir para o desenvolvimento do mercado ibérico de eletricidade;
- Promover preços de referência ibéricos;
- Disponibilizar instrumentos eficientes de gestão de risco.

### **2.1.1. MERCADO SPOT DIÁRIO**

Em relação ao mercado diário, um dos seus principais interesses é a possibilidade de efetuar transações de energia elétrica para o dia seguinte pelas ofertas de compra e venda dos agentes do mercado [21]. Por norma os comercializadores de energia têm a obrigação de respeitar as regras de funcionamento do mercado de produção de energia elétrica pelo contrato de adesão. É apresentado ao comercializador um determinado horizonte diário de programação para serem colocados em 24 períodos consecutivos no dia seguinte, sabendo que todas as centrais de produção de energia que não estejam com contrato bilateral físico têm como obrigação vender a sua energia no mercado spot (como mostra a figura 2).



**Figura 2 - Esquema Organizativo do MIBEL (adaptado)**

Na compra de energia elétrica, quem está autorizado para tal são os comercializadores, os consumidores acreditados e os distribuidores, e a MIBEL também aceita os agentes externos se assim forem autorizados pela mesma.

A compra é realizada por unidades de aquisição em que existem três tipos de interessados, os comercializadores, os comercializadores de último recurso e, por fim, os consumidores diretos, que estão autorizados pela MIBEL. Mais detalhadamente, sabemos que os comercializadores de último recurso compram a energia necessária no mercado para a fornecerem aos clientes que tenham uma tarifa regulada.

Os comercializadores compram energia no mercado para de seguida ser vendida aos clientes qualificados. E, por fim, os consumidores diretos podem comprar diretamente no mercado através de um comercializador, mas para tal é preciso ter um contrato bilateral [5].

Na compra e venda de energia podem ser realizadas várias ofertas, sendo possível negociar o valor entre uma a vinte e cinco vezes. Existem dois tipos de ofertas económicas que os vendedores colocam ao operador de mercado ofertas simples ou complexas, em função do seu conteúdo.

Ofertas simples são ofertas em que o vendedor mostra ao operador de mercado, para cada período horário e unidade de produção, as suas ofertas para a compra de energia elétrica.

Ofertas complexas, tal como o nome indica são ofertas com algumas condições técnicas, as quais vão ser mencionadas de seguida: Condição de indivisibilidade, graduação de tensão, entradas mínimas e, por último, paragem programada.

- Condições de invisibilidade: garantem que na primeira hora de negociações exista um valor mínimo de funcionamento. Isto só é possível se o preço de energia não for nulo (0€).
- Graduação de tensão: garante uma diferença de valor máximo entre a potência de início e de final de hora da unidade de produção, o que vai delinear o valor máximo permitido nas negociações.
- Entradas mínimas: permite ofertas para todas as horas existentes.
- Paragem programada: admite que, caso as unidades de produção caso sejam retiradas da negociação por não terem os requisitos mínimos, vai ser efetuada uma paragem com um tempo máximo previsto de três horas.

Desde 4 de Setembro de 2006, todos os compradores de energia elétrica em Portugal continental podem escolher livremente o seu fornecedor de energia elétrica, podendo mudar até 4 vezes por ano.

Em relação ao preço final da energia elétrica, este tem como objetivo a reunião entre a oferta e a procura num regime de horário e, dessa forma, em 24 horas vão existir 24 preços diferentes que podem variar entre 20% a 30% ao longo do dia, e que a esse respeito é possível diminuir a fatura elétrica com demand response. De forma a perceber melhor este conceito, é possível ver o exemplo apresentado na figura 3.

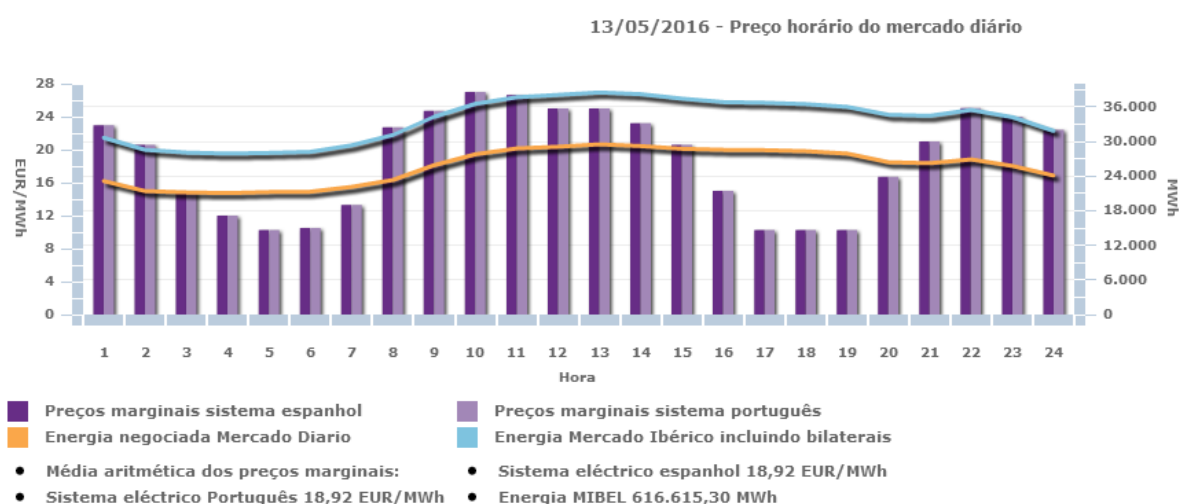
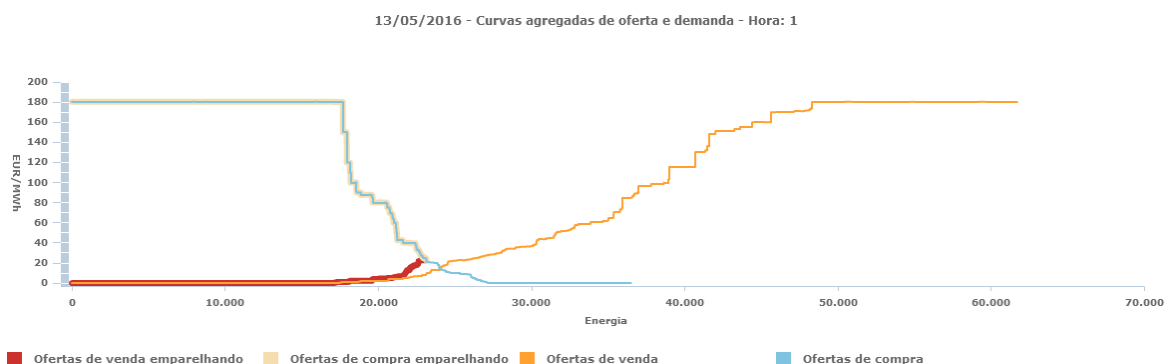


Figura 3 - Preço horário do mercado diário (mercado spot) [39]

Na figura acima representada, é possível observar do lado esquerdo as ordens de venda colocadas pelas empresas produtoras, e do outro lado as de compra colocadas pelas distribuidoras e comercializadoras.

A fração de energia que é negociável corresponde a um MWh, para uma determinada hora do dia seguinte. As ofertas para a compra de energia são realizadas até às 9h (hora portuguesa; 10h – hora espanhola) do dia anterior na chamada negociação do mercado diário. Esses preços são publicados às 10h do próprio dia, sendo que posteriormente vão existir 6 sessões de ajustes para acertar a oferta com a procura no mercado intradiário [5].

Os produtores de energia aplicam as ordens de venda em mercado e os comercializadores e distribuidores aplicam as ordens de compra de energia. Essas ordens são constituídas por uma quantidade/preço. O preço para cada hora vai resultar da junção entre as curvas de oferta e de procura como demonstra a figura 4.



**Figura 4 - Curvas agregadas de oferta e demanda - Hora:1**

De uma forma geral, o mercado intradiário tem como objetivo gerir os desvios previstos a curto prazo previstos, para o consumo de energia e para os programas de produção. É um mecanismo necessário para resolver eventuais problemas de congestionamento na rede de transporte.

Enquanto houver a capacidade de transferir MWh de energia entre ambos os países de forma bidirecional, os preços de Portugal e Espanha continuam como um só. Se existir saturação na rede no sentido Portugal-Espanha, ou vice-versa, vai haver uma separação de mercados, designada *marketsplit* e, dessa forma, a compra e venda de eletricidade de cada país vai ficar limitada pelas suas fronteiras.

Existem contratos bilaterais combinados com os produtores e comercializadores para além do mercado habitual. É necessário dar conhecimento de tudo o que se passa nos contratos bilaterais, nomeadamente o preço por MWh, quantidades transacionadas e a periodicidade. Foi então no início do ano de 2013 que toda a população que tinha energia em casa pôde passar a escolher livremente o seu fornecedor de energia, e desta forma o mercado liberalizado ficou disponível para os 6 milhões de clientes em Portugal Continental [5].

## 2.1.2. MERCADO SPOT INTRADIÁRIO

O mercado intradiário é a plataforma suplementar ao mercado diário, onde se transaciona eletricidade para ajustar às quantidades de energia no mercado diário, compreendendo 6 sessões diárias de negociação. O objetivo é ajustar ao máximo o tempo real entre a oferta e a procura, de modo a resolver eventuais erros entre a produção / consumo.

A grande vantagem deste mercado é o facto de os produtores poderem comprar energia e os comercializadores venderem energia. Na tabela 1 podemos ver o funcionamento das sessões do mercado intradiário [24].

**Tabela 1 - Sessões do Mercado Intradiário do MIBEL [OMIE]**

Sessão	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
Abertura	17:00	21:00	01:00	04:00	08:00	12:00
Encerramento	18:45	21:45	01:45	04:45	08:45	12:45
Concertação	19:30	22:30	02:30	05:30	09:30	13:30
Receção de desagregações de programa	19:50	22:50	02:50	05:50	09:50	13:50
Publicação	20:45	23:45	03:45	06:45	10:45	14:45
Períodos Horários	27 horas	24 horas	20 horas	17 horas	13 horas	9 horas

Em cada sessão é definido o preço para as horas objeto de negociação. A primeira sessão determina o preço para as últimas 3 horas do dia D-1 (dia de negociação) e para as 24 horas do dia D (dia seguinte ao da negociação). A segunda sessão determina o preço para as 24 horas do dia D. A terceira sessão determina o preço para as 20 horas compreendidas entre a hora 5 e a hora 24 do dia D. A quarta sessão determina o preço para as 17 horas compreendidas entre a hora 8 e a hora 24 do dia D.

A quinta sessão determina o preço para as 13 horas compreendidas entre a hora 12 e a hora 24 do dia D. A sexta sessão determina o preço para as 9 horas compreendidas entre a hora 16 e a hora 24 do dia D.

O dia D-1 corresponde ao dia da negociação e o dia D corresponde ao dia seguinte ao da negociação, ou seja, ao dia em que ocorrerá a entrega física da eletricidade negociada.

As ofertas de venda e de compra neste mercado de ajustes podem ser apresentadas por todos os agentes habilitados a fazê-lo no mercado diário. A exceção são os agentes que não tenham participado por estarem indisponíveis, mas que ficaram disponíveis posteriormente. Poderão também apresentar propostas de compra de energia elétrica os agentes habilitados a apresentar ofertas de venda de energia elétrica no mercado diário. À imagem do mercado diário, após o final da sessão é efetuada a concertação entre as ofertas de compra e de venda para as diferentes horas compreendidas na sessão.

Após a análise meramente económica das ofertas, cabe aos Operadores de Sistema a validação do despacho, ou a introdução de mecanismos de serviços complementares e gestão de desvios. Caso estes mecanismos não sejam suficientes, pode haver a necessidade de juntar novas unidades de produção, o que constitui a aplicação de procedimentos especiais, ou de emergências [25].

## **2.2. SISTEMAS DE MONITORIZAÇÃO**

O funcionamento de uma boa monitorização de uma instalação, do equipamento industrial e dos locais a climatizar, deve permitir determinar o consumo energético das instalações, calcular as medidas mais eficientes em termos energéticos-económicos e detetar eventuais deficiências no funcionamento dos sistemas.

A monitorização de alguns equipamentos principais de potência elevada deve ser considerada como obrigatória. No entanto, para equipamentos de menor potência, de um modo geral, devem ser instalados equipamentos de monitorização sempre que possível.

Uma monitorização deve garantir a possibilidade “*bottom-up*”, ou seja, deve permitir uma análise parcelar e através dos consumos parcelares determinar o consumo total e compará-lo com o existente.

Este tipo de análise tem um custo que pode ser elevado. A auditoria deverá garantir uma análise, partindo do consumo geral e, através da informação parcelar dos principais consumos desagregados, obter consumos não monitorizados e analisá-los face às condições de funcionamento.

### **2.2.1. VANTAGENS E DESVANTAGENS**

A medição de uma grandeza pode ser realizada de várias formas, com diferentes equipamentos. Relativamente, ao equipamento temos de considerar a questão de uma monitorização de medição isolada ou contínua, igualmente designada medição singular ou discreta.

As medições isoladas têm a vantagem de o equipamento de medida não estar ligado a um determinado equipamento ou sistema, conseguindo desta forma ser utilizado em diversos locais. As medições em contínuo permitem monitorizar a evolução das grandezas medidas, o que pode ser determinante para a análise correta. Neste caso, a medição deve estar associada ao registo dos valores lidos. Relativamente ao custo das aquisições de dados, atualmente não se justifica a leitura e ajuste manual dos valores monitorizados, exceto em casos particulares em que já exista um contador instalado.

Em relação à monitorização manual, existem dois tipos de equipamentos de medida, um com leitura digital e outro com leitura analógica. Os equipamentos de medida fornecem informações

que só podem ser visualizadas no local de medida ou num local próximo, e que posteriormente podem ser colocadas manualmente para eventual tratamento.

A nova tendência é a utilização de monitorização automática, começando a ser frequente a utilização de um SGE (Sistema de Gestão de Energia), especialmente nos grandes edifícios de serviço e nas grandes indústrias. Nestas ocorrências, a informação sobre as instalações a analisar consegue ser obtida diretamente através dos registos de funcionamento do equipamento existente.

Os equipamentos com saída de sinal são utilizados na monitorização automática. O sinal de saída do valor medido é proporcional a uma amperagem, voltagem ou resistência elétrica.

A informação que é facultada pelos equipamentos de medida é transmitida a uma estação de recolha de dados, num local independente do local de medida, podendo nessa estação ser efetuado o processamento da informação recebida ou a transferência dos dados armazenados para um computador, para serem tratados posteriormente.

Uma marca portuguesa – Cloogy®, é uma das soluções existentes na gestão energética, que permite ao consumidor monitorizar e controlar o consumo total de energia da sua casa. Permite-lhe monitorizar o seu consumo global de energia, bem como o de cada equipamento ligado a uma tomada inteligente. Efetua também uma análise da tarifa energética e potência contratada e aconselha sobre as decisões mais adequadas ao seu perfil energético.

A Cloogy® desenvolveu um sistema interativo de cores, que permite visualizar muito rapidamente o funcionamento dos equipamentos e o resto da instalação de casa.

O equipamento Cloogy® apresenta as seguintes funcionalidades:

- Definição de objetivos do utilizador;
- Previsão de consumo;
- Comparação de consumos;
- Controlo de equipamentos;
- Agendamento das Tomadas Inteligentes;
- Simulação de tarifas.

Este equipamento funciona através da instalação de um pequeno sensor no contador da eletricidade, que permite recolher dados sobre os consumos globais de uma habitação.

As tomadas inteligentes enviam informações sobre os consumos dos equipamentos ligados às mesmas, emparelhados ao concentrador que os remete para as várias plataformas de

monitorização. Existe ainda uma funcionalidade em que, caso o consumidor assim o deseje, poderá ligar ou desligar os seus aparelhos elétricos à distância ou agendar o seu funcionamento.

**Tabela 2 - Vantagens e Desvantagens da Monitorização**

	Monitorização Manual	Monitorização Automática
Vantagens	Equipamento mais económico	O erro de leitura é menor e tem uma maior precisão
	Excetua alguns equipamentos especiais de medida	Leituras efetuadas automaticamente em intervalos de tempo regulares
Desvantagens	Possibilidade de erro humano na leitura	O equipamento com saída de sinal tem genericamente um custo mais elevado
	Lentidão na recolha das leituras e posterior processamento dos valores recolhidos	A monitorização contínua está associada à monitorização automática, no entanto a monitorização isolada ou pontual está associada a monitorização manual

### **2.3. TARIFAS FIXAS E INDEXADAS**

Ultimamente e cada vez mais, tem-se evoluído no sentido do fortalecimento da implementação das tarifas dinâmicas, o que veio salientar a necessidade de monitorizar as atividades dos consumidores em tempo real.

As tarifas dinâmicas apareceram com o objetivo da evolução do setor energético, e foram desenvolvidas de forma a trazer vantagens e atingir os objetivos estipulados para as políticas energéticas, como por exemplo aumentar a fiabilidade do sistema elétrico e auxiliar a implementação de energias renováveis. É esperado também que os consumidores sejam informados em tempo real pelo seu fornecedor de energia, de forma a serem estimulados a diminuir o consumo nas horas de pico ou a alterá-lo para uma hora mais proveitosa, de forma a que o preço da energia seja menor.

As tarifas simples eram as mais tradicionais e mais influentes devido ao facto de terem um preço único, que não varia ao longo do dia.

As tarifas dinâmicas são definidas como uma variação do preço em função do tempo, em que o preço é estipulado no dia anterior às 10h e visualizado no site do Operador Mercado Ibérico Português / Espanhol (OMIP / OMIE).

Através da instalação de equipamentos de monitorização, é esperado um controlo mais acessível, ficando estes responsáveis por dar uma resposta aos períodos críticos de consumo, dado que são sinalizados com um preço mais elevado [6].

### 2.3.1. TARIFAS FIXAS

No que diz respeito às tarifas e aos preços de energia elétrica, a responsabilidade é da Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE). O preço que é cobrado ao cliente final tem associadas as tarifas reguladas de energia e comercialização, bem como as tarifas de acesso às redes, as quais têm por base a tarifa do uso da rede de transporte e de distribuição e o uso global do sistema. Atualmente existem 4 tipos de tarifas, que são:

-Tarifa simples, Tarifa bi-horário, Tarifa tri-horário e Tarifa tetra-horário.

Estas 4 tarifas são um exemplo de tarifas que têm como aplicação as tarifas dinâmicas. As tarifas bi-horário, tri-horário e tetra-horário requerem uma maior atenção visto que podem ser muito vantajosas para o cliente final, se o seu perfil de consumo coincidir com o perfil horário dessas tarifas.

#### 2.3.1.1. TARIFA SIMPLES

A tarifa simples como o próprio nome indica, é a tarifa mais simples, apresentando um valor fixo, independentemente da hora ou da quantidade de energia que é transacionada.

O cliente final vai ter um custo igual durante o dia, quer consuma energia fora dos períodos do vazio ou nas horas de vazio. Na figura seguinte é possível visualizar o período em que a tarifa é constante, ao longo das 24h do dia, tanto no verão como no inverno.

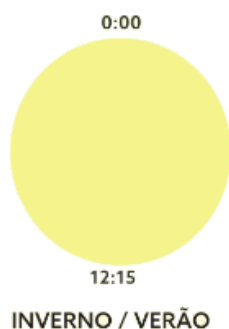


Figura 5 - Tarifa Simples (Energia Simples) [16]

#### 2.3.1.2. TARIFA BI-HORÁRIO

A tarifa bi-horária é caracterizada por apresentar dois períodos distintos de utilização, os períodos de “vazio” e “fora de vazio”, bem como pelo custo praticado em kWh, que também vai ser diferente.

O período de “vazio” foi criado de modo a que o consumidor se adapte a este período horário, visto que o custo de energia elétrica e o consumo dos portugueses é mais baixa aos fins-de-semana e durante a noite.

Desse modo, o consumidor é aliciado pelo preço da energia elétrica, para que utilize os eletrodomésticos de maior consumo existentes na sua habitação, como por exemplo as máquinas de lavar loiça e roupa, forno e aquecedores elétrico, durante os períodos de “vazio”

A tarifa bi-horária dispõe também de dois horários diferentes, o de inverno e de verão, existindo também ciclos diários e ciclos semanais.

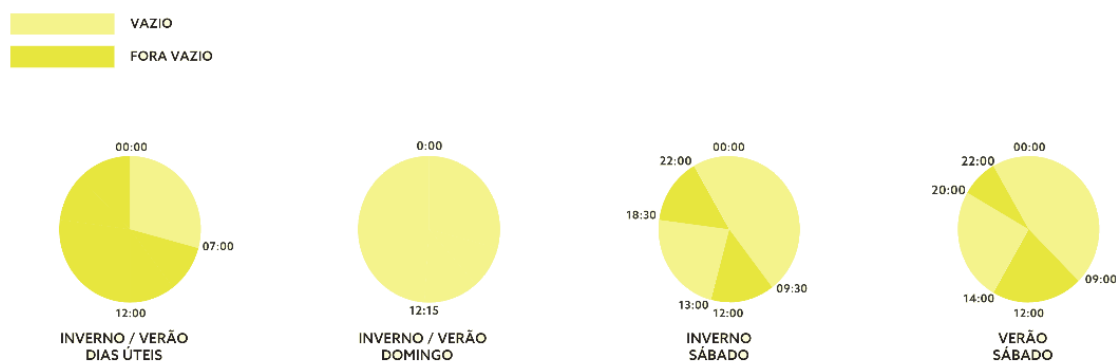


Figura 6 - Tarifa Bi-horário, ciclo semanal (Energia Simples) [16]

O ciclo diário é constituído por 70 horas semanais de vazio, beneficiando o consumidor que apresenta um consumo constante ao longo do dia. Em relação ao ciclo semanal, este conta de 76 horas de vazio, e o objetivo é que os clientes que apresentem ou desejam um consumo de eletricidade mais intensivo ao fim-de-semana tenham este tarifário.

Relativamente à figura que foi apresentada anteriormente e à figura seguinte, ambas demonstram o que foi dito relativamente aos períodos de “vazio” e “fora de vazio”, tanto para os ciclos diários como para os semanais.

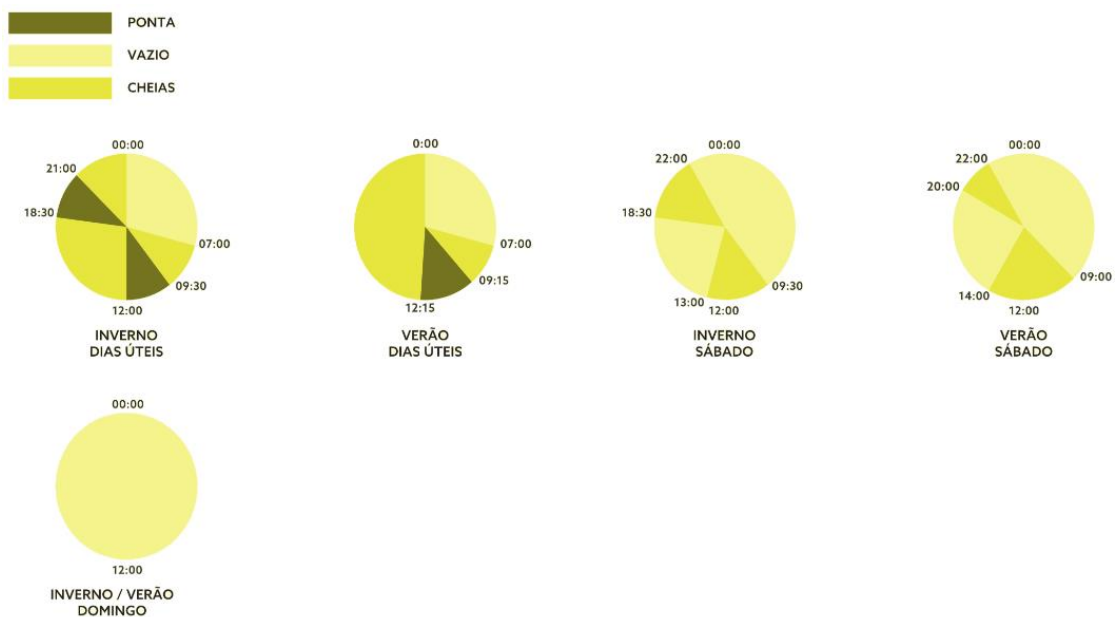


Figura 7 - Tarifa Bi-horário, ciclo diário (Energia Simples) [16]

### 2.3.1.3. TARIFA TRI-HORÁRIO

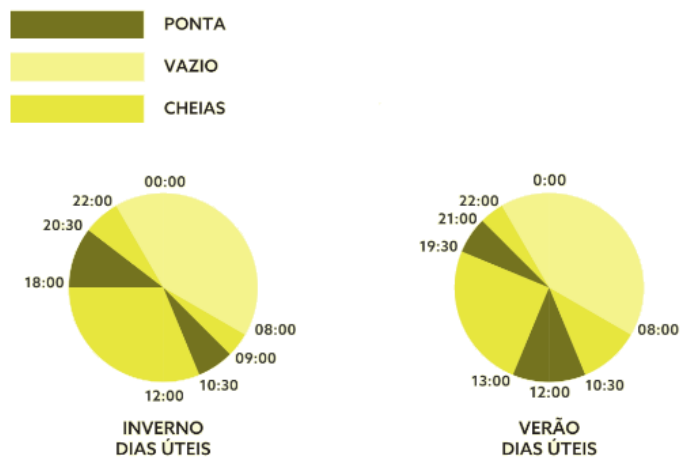
A tarifa tri-horária é caracterizada por ter três períodos distintos de utilização, que são os períodos de “ponta”, “cheia” e “vazio”, bem como pelo custo praticado em kWh, que também vai ser diferente.

O objetivo de se criar a tarifa tri-horário é adaptar o preço da energia (kWh), à procura da mesma nos períodos acima referidos. Tal como na tarifa bi-horária, o período de vazio mostra o instante em que o preço da energia se encontra mais baixo, portanto é dado pelos instantes em que a procura é menor.



**Figura 8 - Tarifa Tri-horário, ciclo semanal (Energia Simples) [16]**

A tarifa tri-horário é, desde modo, utilizada para entusiasmar os consumidores a utilizarem neste período as máquinas de maior consumo. O período das horas de ponta mostra a altura do dia em que existe maior consumo e, portanto, em que o preço por kWh é elevado. Esta tarifa é benéfica para os clientes com pouco consumo neste horário. A figura que foi apresentada anteriormente e a figura seguinte revelam a variação da tarifa tri-horário em função do horário, tanto no verão como no inverno, de acordo com o ciclo diário ou semanal pretendido pelo cliente.



**Figura 9 - Tarifa Tri-horário, ciclo diário (Energia Simples) [16]**

#### 2.3.1.4. TARIFA TETRA-HORÁRIO

A tarifa tetra-horário tem a mesma função que a bi-horário e tri-horário, mas em vez três vai ter quatro períodos distintos de utilização, que são os períodos de “ponta”, “cheia”, “vazio” e “super vazio”. O custo praticado em kWh também vai ser diferente. Na figura 10 temos o horário estabelecido.

Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
Ponta:	09.00/10.30 h 18.00/20.30 h	Ponta:	10.30/13.00 h 19.30/21.00 h
Cheias:	08.00/09.00 h 10.30/18.00 h 20.30/22.00 h	Cheias:	08.00/10.30 h 13.00/19.30 h 21.00/22.00 h
Vazio normal:	06.00/08.00 h 22.00/02.00 h	Vazio normal:	06.00/08.00 h 22.00/02.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h

Figura 10 - Horário para a tarifa tetra-horário

#### 2.3.2. TARIFAS INDEXADAS

As diferentes tarifas indexadas que vão ser apresentadas de seguida, no geral não são conhecidas nem realizadas em Portugal. Na aplicação destas tarifas é de esperar que os consumidores sejam informados relativamente ao preço de energia elétrica em tempo real, de forma a serem persuadidos a reduzir os consumos nas horas de pico ou mudar a hora dos seus maiores consumos, ou seja, para que o sucesso na redução da fatura elétrica seja possível é necessário que o consumidor tenha flexibilidade para alteração do seu diagrama de cargas de forma a diminuir a fatura elétrica.

##### 2.3.2.1. TARIFA CRITICAL PEAK REBATES

As tarifas *Critical Peak Rebates (CPR)* são tarifas de apoio, nas quais os clientes vão ser aconselhados com o objetivo de redução de energia nas alturas mais críticas, ou seja, nos períodos de pico. Para isso os consumidores vão ser informados sobre o preço de energia, de forma a reduzirem o seu padrão de consumo, nas horas de ponta, visando a poupança na sua fatura energética [7].

Por norma esta tarifa tem uma maior aceitação por parte dos reguladores de energia e dos consumidores, reduzindo assim os consumos de maior importância e, caso os clientes não participem, ficam sujeitos às tarifas normais implementadas.

##### 2.3.2.2. TARIFAS REAL-TIME PRICING

As tarifas *Real-Time Pricing (RTP)* apresentarem diversos preços de energia hora a hora ou têm uma variação a curto-prazo. Normalmente estas tarifas encontram-se relacionadas com as mudanças existentes nos mercados grossistas [8].

Neste aspecto a tarifa indexada estimula a diminuição do consumo nos períodos em que o preço da energia é mais elevado e, simultaneamente, a redução da fatura energética dos clientes. Tal como no *CPR*, os clientes são avisados com antecedência dos preços da eletricidade, habitualmente na noite anterior, de maneira a planearem melhor o seu perfil de consumo energético no dia seguinte [9], [10].

A tarifa *Real-Time Pricing* é relevante para estudar a flexibilidade e a tendência que os clientes mostram para dar explicação aos períodos de pico, sendo fundamental para estudar posições de *Demand Response*.

### **2.3.2.3. TARIFAS CRITICAL PEAK PRICING**

O *Critical Peak Pricing (CPP)* é uma estratégia utilizada para controlar a busca de eletricidade e simplificar a procura de energia nos períodos de pico, como por exemplo dias muito frios ou muito quentes que ocorram durante o ano.

Aplicando a tarifa *Critical Peak Pricing* os clientes ficam sujeitos a pagar preços demasiado altos, durante as horas de ponta (períodos de pico) ou eventos críticos.

Os realizadores são responsáveis por alertar antecipadamente o cliente sobre estes eventos, de forma regular com um dia de antecedência, sendo esperado que este adote uma conduta que aponte para uma redução do seu padrão de consumo de energia, como por exemplo desligar o seu ar condicionado [11], [12].

É ainda função desta tarifa cumprir um conjunto de normas, como por exemplo a limitação do número de ocorrências, do número máximo de horas e de dias de aplicação de pico por ano, de forma a promover a participação dos consumidores, reduzindo o seu risco [7], [8].

### **2.3.2.4. TARIFAS TIME-OF-USE**

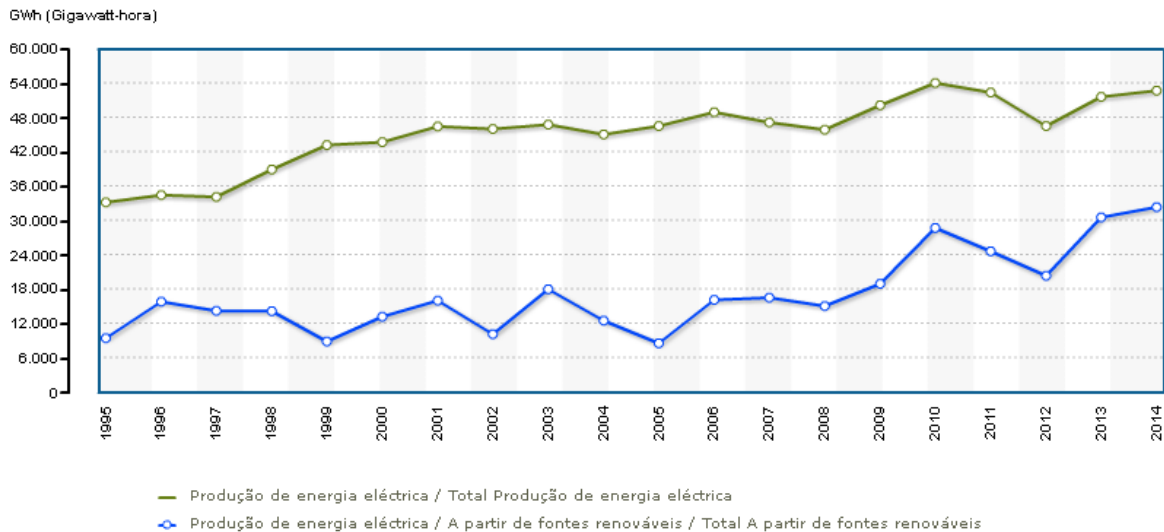
A tarifa *Time-of-Use (ToU)* tem como característica um conjunto de tarifas distintas, as quais são apresentadas a diferentes horas do dia ou estações do ano. A ToU é ajustada no início de um ciclo tarifário e mantida constante durante um ano.

É normalmente composta por 3 períodos diários distintos (vazio, cheia e ponta) podendo mudar conforme a época do ano, havendo diferentes tarifas no Verão e no Inverno.

A aplicação dos equipamentos de monitorização que estão interligados às tarifas ToU dão hipótese ao cliente de controlar em tempo real os seus consumos e o preço da energia, de forma a utilizar de forma racional a energia, transferindo a carga dos períodos de pico para os de vazio, aproveitando assim as alturas em que o custo da energia é menor [13], [14], [15].

## 2.4. CONCEITO DE PRODUÇÃO DISTRIBUÍDA

A Produção Distribuída (PD) teve origem, indiretamente, em medidas governamentais bastante complicadas de se atingir, nas quais os objetivos principais são a redução da poluição, pela diminuição das emissões de CO<sub>2</sub>, e o aumento da eficiência energética e do incentivo de fontes renováveis. Nos últimos anos, como mostra a figura 11, tem vindo a ser notório um crescimento na produção de energia eléctrica nas redes vindo de fontes renováveis.



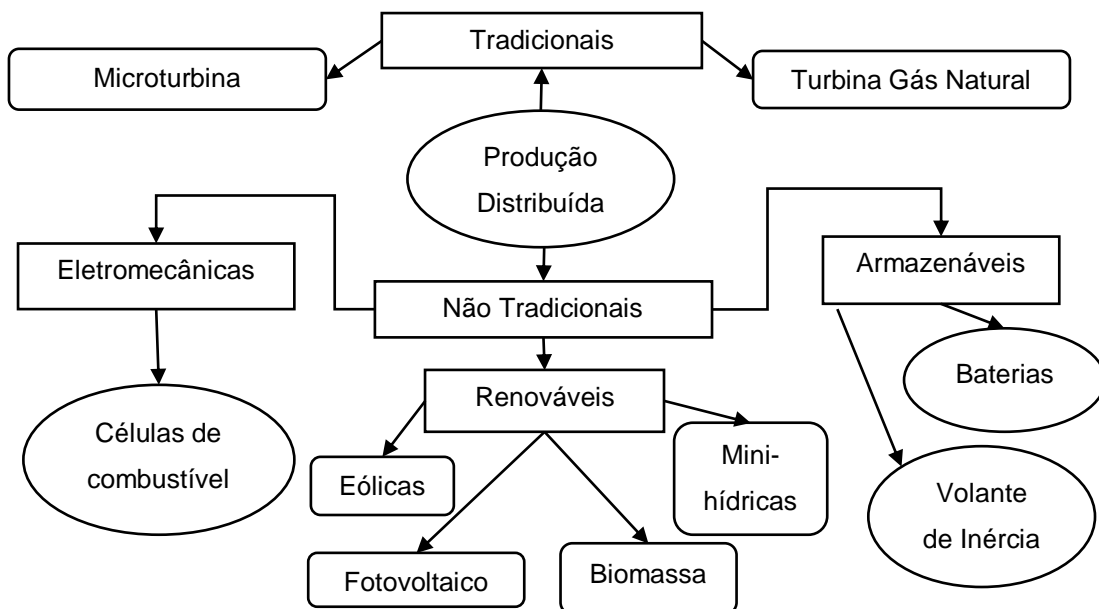
**Figura 11 - Produção de energia eléctrica a partir de fonte renováveis**

O conceito de Produção distribuída (PD) ainda não está totalmente bem definido, mas por enquanto sabemos que PD são sistemas que produzem eletricidade em pequena escala e de forma descentralizada, que estão localizados perto dos consumidores e ligados à rede eléctrica. Uma das suas principais características é a produção de energia junto ao local da instalação, isto é, junto às cargas. Desta forma, a Produção Distribuída traduz-se numa redução das perdas e dos custos do transporte de energia.

Ao ser de baixa produção, a PD não vai ter capacidade de entrar no mercado de energia, sendo esta uma das barreiras que tem impedido o avanço tecnológico. Esta produção baseia-se em tecnologias renováveis, como é o caso da energia solar e eólica, e não renováveis, como as pilhas de combustível e microturbinas.

Como a maioria destas tecnologias tem uma produção incerta, é difícil efetuar previsões e despachos e, desse modo, torna-se impossível gerir a PD de forma centralizada pelos operadores de rede [29], [30], [31].

A figura 12 mostra de uma forma esquematizada as tecnologias tradicionais e não tradicionais associadas à PD.



**Figura 12 - Tipos de tecnologia de produção distribuída (adaptado)**

Em suma, o conceito de Produção Distribuída diz respeito a toda produção elétrica de pequena escala efetuada nos níveis mais baixos de tensão, MT e BT.

De seguida vão ser demonstradas 3 tipos de vantagens, que são as vantagens económicas, técnicas e ambientais [32].

### 2.4.1. VANTAGENS

Existem vantagens económicas, técnicas e ambientais. Em relação às vantagens económicas, utilizando a Produção Distribuída, é de salientar a proximidade física entre as cargas dos consumidores finais e as fontes e, desse modo, os custos de transporte de energia são mais reduzidos. Evita a construção de novas centrais convencionais e a substituição dos equipamentos nas RTD. Reduz a dependência dos combustíveis fósseis e aumenta assim a segurança energética, contribuindo para a redução da importação de energia elétrica. Vai também permitir o acesso aos mercados de energia a um maior número de produtores, o que visa uma maior competitividade que se vai traduzir em preços de energia mais baixos e com uma melhor qualidade de serviço. Relativamente às vantagens técnicas, a integração da PD, aumenta a fiabilidade das redes e a qualidade do serviço e sua continuidade. Torna possível trabalhar em modo isolado ou ligado à rede. Sabe-se também que a redução das perdas tem como consequência a redução dos fluxos de potência e do congestionamento nas RTD.

No que diz respeito às vantagens ambientais, é possível a utilização de recursos energéticos renováveis em vez de combustíveis fósseis e, desse modo, existe uma redução de emissões que ajuda a reduzir o aquecimento global [26], [27].

## **2.4.2. DESVANTAGENS**

A PD, tal como todas as outras tecnologias de hoje em dia, apesar de apresentar imensas vantagens não é perfeita e, portanto, também tem algumas desvantagens, como a necessidade de cuidados na sua implementação. A resistência da população à construção destas unidades produtoras leva a que exista um atraso da construção.

É preciso ter em atenção que, para se construir uma elevada PD, é necessário um estudo da rede onde esta vai ser implementada, porque irá afetar os níveis de tensão, a frequência, a gestão do sistema de controlo e a segurança. Para a construção são necessários novos condensadores, entre outros equipamentos, de forma a que haja um funcionamento correto do sistema elétrico [28].

## **2.5. FUTURA EVOLUÇÃO NOS SEE NA PRODUÇÃO DESCENTRALIZADA**

A empresa Energia Simples tem como base a sustentabilidade energética, inteligência e o digital, e um ponto forte da empresa é no futuro poder oferecer aos clientes domésticos um conceito inovador de “partilha de energia”. Ela tem como alvo os consumidores domésticos (como é o caso dos condomínios ou bairros inteiros de moradias) que tenham instaladas centrais fotovoltaicas (por exemplo 4 a 6 painéis). O objetivo é essa energia ser consumida localmente pelos consumidores e o excedente, em vez de ser revendido à rede, ser “partilhado” para a comunidade em que está inserido esse “bairro”. Desta forma, a Energia Simples funciona como um banco de energia que faz a contabilização da energia global do “bairro”.

A ideia que está por trás disto é a criação de “bairros” completamente ecológicos e sustentáveis, em que o grau da energia renovável produzida localmente seja o maior possível. Trata-se de um projeto que brevemente vai poder ser implementado num “bairro” em Coimbra, que vai ser constituído por 10 a 15 moradias. O objetivo deste projeto é ter uma capacidade de sustentabilidade bastante elevada, dado que vai produzir a sua própria energia.

Essas moradias vão estar ligadas à rede, o que significa que os clientes domésticos não vão “ficar sem luz”, caso não consigam energia suficiente vinda dos painéis. O que vão fazer é produzir a sua própria energia, provavelmente entre 30% e 50% de energia elétrica, e o excedente não vai ser investido em sistemas de armazenamento, o que vai ser feito é comprar a energia virtualmente e depois “vendê-la” do mesmo modo aos clientes que estão a necessitar de energia, como é o caso dos que não têm produção suficiente ou que não têm nenhum sistema de autoconsumo [2].

Num futuro próximo vão ser criados novos tarifários, nos quais poderá ser definido um tarifário indexado juntamente com um tarifário fixo, para que o consumidor tenha a liberdade de ter o maior aproveitamento possível, quer seja um “ano bom” ou um “ano mau”.

## 2.6. DEMAND RESPONSE (GESTÃO DA PROCURA)

Demand response (DR) é considerada a solução de confiança mais rentável para o alisamento do diagrama de carga, quando o sistema está sobrecarregado. DR refere-se a um procedimento que é aplicado para motivar mudanças nos hábitos de consumo de energia dos clientes com incentivos financeiros, de forma a reduzir os preços da eletricidade. De seguida vão ser abordados vários regimes e programas de DR com base nas motivações dos clientes.

Vão ser também apresentados vários modelos de otimização para um melhor controlo das estratégias no subcapítulo “Demand Side Management (DSM) – Gestão da Procura”.

Estes modelos são classificados de acordo com a otimização do problema. Os principais aspetos que devem ser considerados na otimização do problema são as restrições do sistema e a complexidade computacional do algoritmo de otimização aplicada. Deste modo, o DR é importante e, como tal, devem ser identificados os vários tipos de sistemas de DR e programas reais, de forma a extrair as vantagens e as limitações destes regimes.

Tal como indica a figura 13, os sistemas DR foram organizados em três categorias básicas, com um total de 6 métodos propostos, que vão ser mais aprofundados no subcapítulo seguinte. Na primeira categoria, os sistemas de DR são classificados em centralizados e distribuídos de acordo com o mecanismo de controlo.

No modo centralizado, os consumidores comunicam diretamente com a concessionária de energia, sem interagirem uns com os outros, enquanto no modo distribuído há interações entre os usuários, os quais fornecem informações para o utilitário sobre o consumo total.

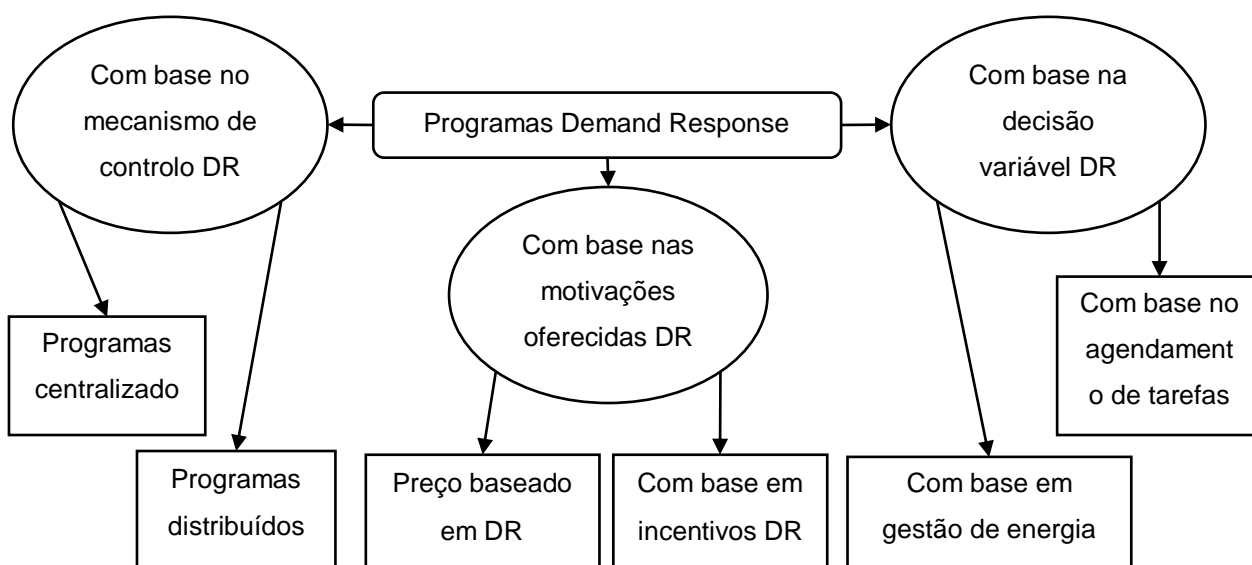


Figura 13 – Sistemas do Demand Response

Na segunda categoria, os regimes de DR são classificados de acordo com as motivações dos consumidores para reduzirem o seu consumo de energia

Em geral, estas motivações decompõem-se em DR com base no tempo e em incentivos, em que na DR com base no tempo (ou com base no preço) os preços atribuídos são variáveis ao longo do tempo, sendo definidos com base no custo de eletricidade em diferentes períodos de tempo.

No DR com base em incentivos é oferecido um pagamento fixo ou variável para motivar o cliente a reduzir o seu uso de eletricidade durante períodos de muita procura de eletricidade, embora tenham regras para cumprir e podem ser penalizados se não participarem no programa. Na terceira categoria, o DR usa a decisão variável para identificar o agendamento das tarefas e gestão de energia.

A função chave é o controlo do tempo de ativação da carga solicitada, a qual pode ser transferida para outros períodos em que a energia é mais barata. De seguida vai ser abordado o tema “*Demand side management*”, que tem por base o ponto de vista do cliente.

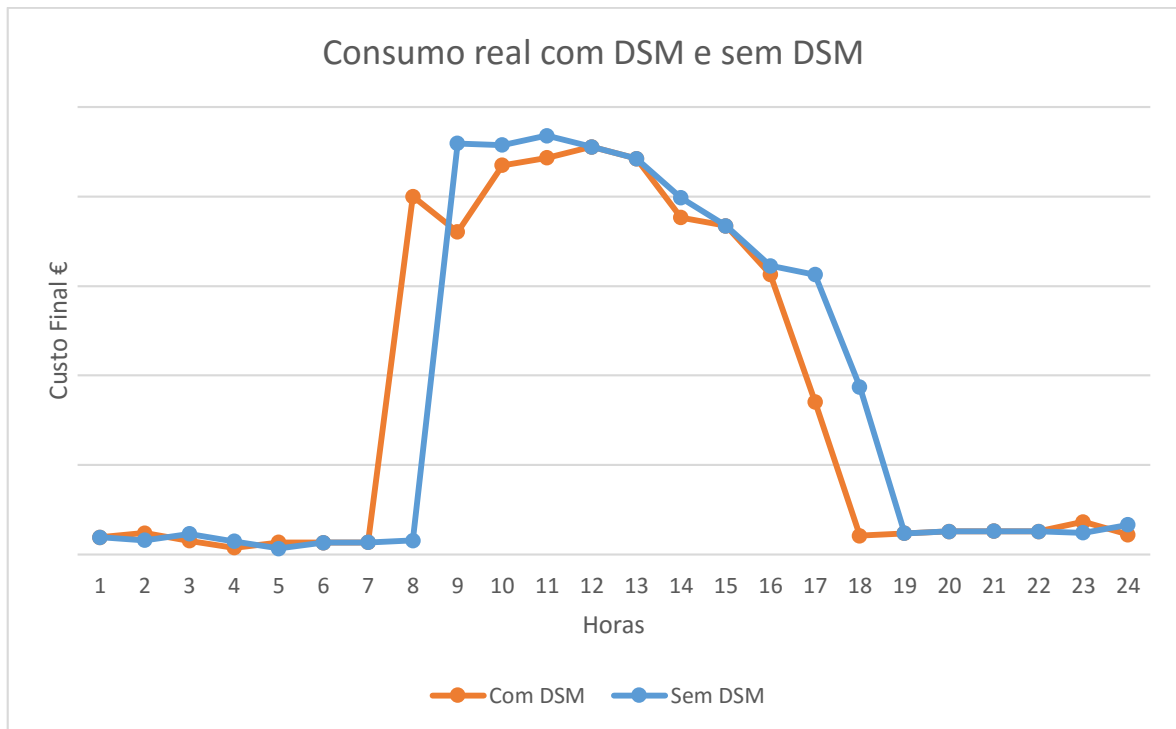
#### **2.6.1. DEMAND SIDE MANAGEMENT (DSM) - GESTÃO DA PROCURA**

De um modo geral, o mais preocupante é o crescimento do consumo de energia, de tal forma que, para se conseguir abastecer todos os consumidores, é necessário utilizar bens como carvão, petróleo ou gás natural, que são prejudiciais para o ambiente. Devido à procura dessas matérias-primas prejudiciais para o ambiente, foi necessário criar ações de modo a contrariar essa procura, atuando tanto na oferta de energia elétrica como (principalmente) na procura da mesma pelo cliente.

Foi então desenvolvido o Demand Side Management (gestão da procura), que tem por base várias medidas com vista à eficiência no consumo. Estas ações estão ligadas à gestão e utilização racional da energia elétrica, e têm vindo a ser desenvolvidos vários incentivos políticos, tanto para os agentes como para os consumidores.

Na figura 14 está representado um exemplo real do consumo com e sem DSM, de tal forma que verificamos que é possível reduzir o custo da fatura mantendo o consumo.

O consumo mais elevado de energia elétrica é feito pelos setores industriais. Desta forma torna-se essencial conhecer de que modo é que se pode controlar o consumo, de maneira a alcançar as metas desejadas no campo da eficiência e da gestão do consumo energético [33].

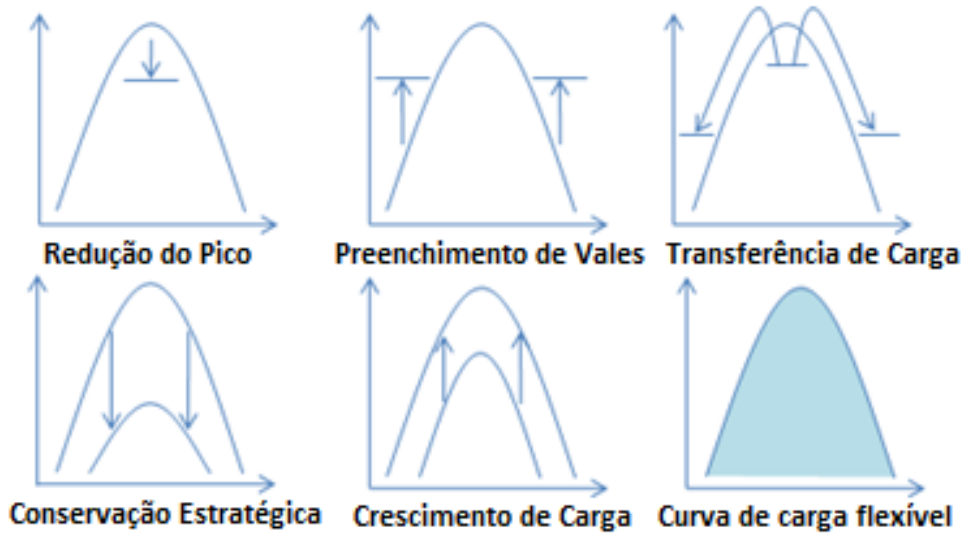


**Figura 14 - Representação de um consumo real com DSM e sem DSM**

O DSM procura alterar a forma como o diagrama de cargas vai evoluindo ao longo do tempo de maneira a obter um dos seguintes objetivos:

- Redução do pico (Peak Clipping): reduzir o pico de carga durante um período específico, controlando diretamente o equipamento ou as tarifas.
- Preenchimento de vales (Valley Filling): aumentar a carga durante as horas de pico e, conseqüentemente, a energia consumida. Pode ser feito através de preços especiais fora dos períodos de pico.
- Transferência de carga (Load Shifting): mudar a carga dos períodos onde a energia é mais cara para períodos em que seja mais barata, desde que tal seja permitido. Está relacionado com o aquecimento ou refrigeração do ar.
- Conservação estratégica (Strategic Conservation): alterar a curva de carga, reduzindo a carga de forma uniforme. Consegue-se com os aparelhos mais eficientes.
- Crescimento de carga (Strategic Load Building): aumentar a carga de uma forma uniforme durante o dia. Isto deve ser feito se for promovida a eficiência e sustentabilidade energética.
- Curva de carga flexível (Flexible Load Shape): existe uma flexibilidade da forma da curva de carga, variando conforme as condições oferecidas.

Na figura 15 estão representados os 6 objetivos acima referidos.



**Figura 15 - Alterações ao diagrama de cargas**

Antes de aplicar estes seis objetivos, primeiro é necessário saber em que situações é possível aplicá-los, de forma a se conseguir o melhor aproveitamento possível, atingindo o objetivo da curva de carga. No entanto, em certas situações, apesar de o objetivo proposto ser o mais indicado para a redução da fatura, nem sempre é o ideal, dado que existem certos consumos inalteráveis [33].

Tal como foi dito anteriormente, o diagrama de cargas pode ser alterado de acordo com a energia consumida, condições meteorológicas, época do ano, dia da semana, hora do dia, feriados, número de consumidores e de equipamentos, auto produção e tipo de cargas nas indústrias ou nos domésticos.

Em suma, a elevada dependência de fontes energéticas de outros países tem sido uma das principais preocupações, devido à variabilidade do preço dos combustíveis fósseis. Para diminuir a dependência energética é necessária a prática das medidas referidas de gestão da procura de energia, que têm vindo a ser bastante utilizadas por outros países com os mesmos problemas energéticos. Portugal é um dos países que tem aplicado estas medidas.

A educação do consumidor é fundamental para a correta utilização dos recursos energéticos. A ERSE tem vindo a desenvolver medidas que permitem a divulgação e a formação das pessoas para a racionalização do consumo energético [33].

# 3. MERCADO DE ENERGIA ELÉTRICA

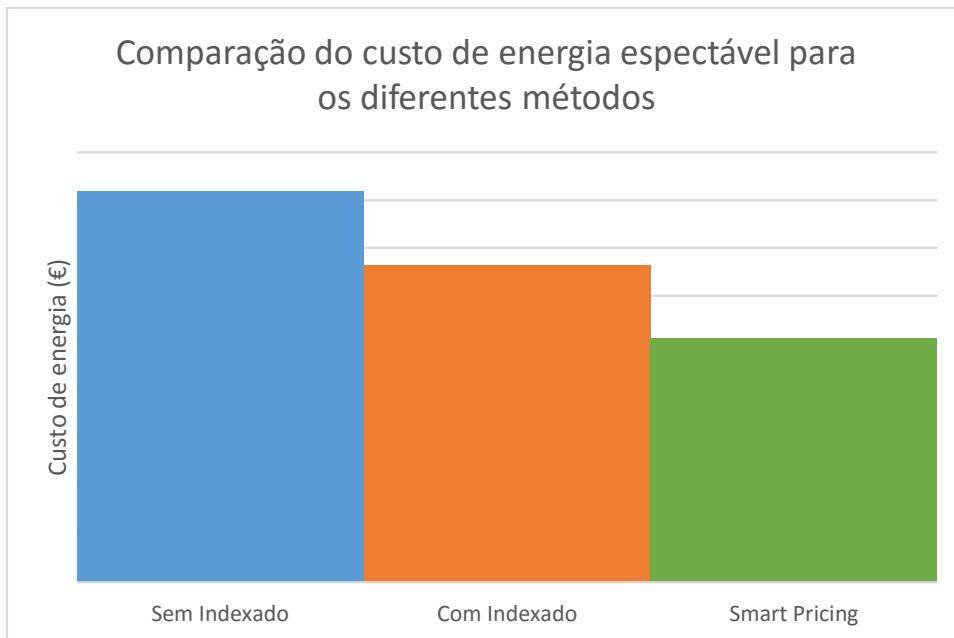
## 3.1. *SMART PRICING*

O *Smart Pricing* é um programa de preços de eletricidade por hora. O custo da eletricidade vai variar consoante a hora, com base nos preços reais do mercado. *Smart Pricing* usa os preços do "dia seguinte", ou seja, o preço de cada hora de um determinado dia é definido no dia anterior, e a fatura é calculada usando os preços por hora do mercado do dia seguinte.

Se for possível mudar o diagrama de cargas para um diferente momento diferente do dia, conseguem-se vantagens nas horas em que o preço é mais baixo. É possível controlar os custos de eletricidade usando com sabedoria a energia durante as horas em que os preços são mais baixos.

O *Smart Pricing* é uma conjugação de dois métodos, a capacidade de monitorização e capacidade de ligar e desligar. No capítulo seguinte (casos de estudo) vai ser demonstrado que, ao aplicar o indexado com gestão da procura, conseguem-se algumas poupanças e, se utilizarmos a capacidade de desligar e ligar as cargas, vai-se conseguir uma poupança muito superior. Este modelo tem por base o preço da energia, conhecido como *Dynamics Price* [34].

A figura 16 demonstra um dos objetivos finais da dissertação, nomeadamente o indexado ser mais caro do que a aplicação do método *Smart Pricing*.



**Figura 16 - Comparação do custo de energia espectável para os diferentes métodos**

Tem-se vindo a observar que as pessoas não têm vontade de mudar de um tarifário fixo para um indexado, e não querem aplicar o Smart Pricing por receio da sua complexidade, ou seja, os consumidores querem algo simples e funcional [34].

É possível aplicar o Smart Pricing quando há um método indexado e gestão de procura por parte do cliente.

Caso o consumidor não tenha ainda a possibilidade de obter uma tarifa indexada, deve aplicar os métodos Smart Pricing. Para isso, deve proceder à instalação de contadores inteligentes para monitorizar o uso de eletricidade por hora. Deve também verificar sempre a conta da energia para confirmar se está a usar energia elétrica e, caso esteja, pode alterar as suas atitudes e consumir preferencialmente quando a eletricidade é mais barata.

Foi realizado um estudo pela “VAASA ETT Global Energy Think Tank”, em que foi questionado aos consumidores os seus desejos relativamente à fatura elétrica, formas de se conseguir uma maior poupança e razões para persuadir o consumidor a aderir ao método de Smart Pricing [34].

Observou-se que os desejos dos consumidores foram:

- Previsibilidade;
- Justiça;
- Adequação social.

De forma a se conseguir uma maior poupança é preciso ter conhecimentos acerca de:

- Custo e consumo por aparelho;
- Previsões da fatura elétrica;
- Custo por hora;
- Consumo total do dia.

Foram apontadas várias razões para motivar os consumidores a aplicarem o “*Smart Pricing*”, as quais são sobretudo razões que incentivam a ser-se positivo relativamente aos novos desenvolvimentos:

- Criar um ambiente melhor;
- As possibilidades futuras (produtos, serviços);
- O consumidor a trabalhar diretamente com a comercializadora;
- Benefícios de contadores inteligentes.

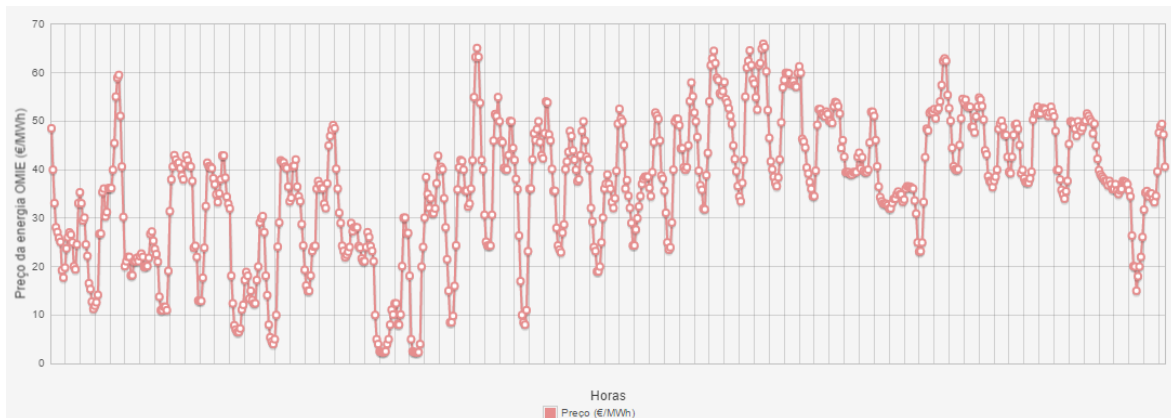
Razões para o consumir se envolver:

- Hipótese de dar conselhos para prestar melhores serviços;
- Ações individuais podem parecer pequenas, mas fazem parte de algo maior;
- Ajudar o meio ambiente;
- Oportunidade de ter uma maior poupança;
- Possibilidade de controlar a conta da energia elétrica;
- Receção dos relatórios de uso de energia;
- Recompensas financeiras para a participação;
- Formação sobre como reduzir o consumo e os custos;
- Facilidade de utilização de sistemas de automação;
- Promessa de um bom suporte ao cliente;
- Direito de o consumidor deixar o programa, se assim o entender.

### 3.2. MERCADO OMIE / SPOT

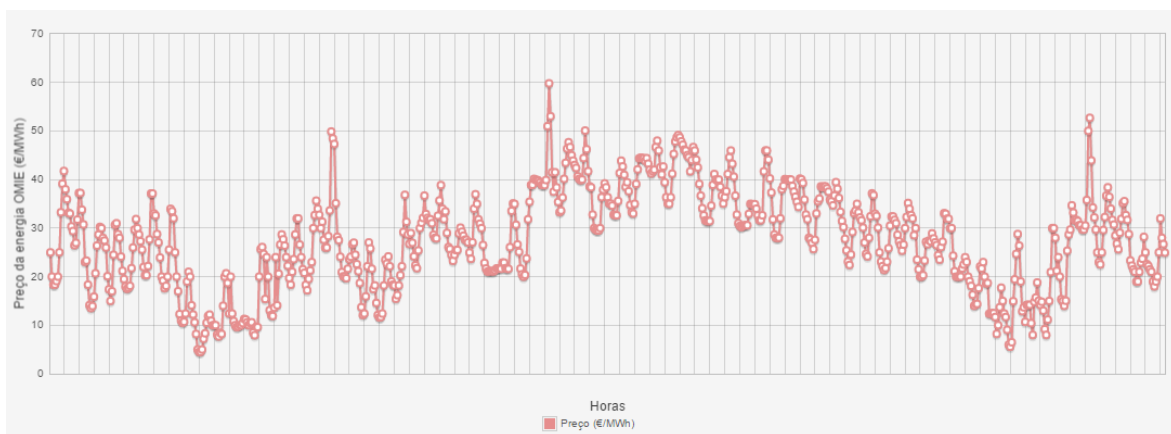
Em relação ao mercado Omie / Spot, como já foi referido no capítulo 2.1. “Mercado Ibérico de Eletricidade – MIBEL”, ele é conhecido por permitir aos operadores comprar e vender energia. Os preços negociados variam a cada hora, ou seja, têm 24 variações por dia, como vai ser explicado mais a frente.

A figura 17 mostra que os preços de energia não são lineares e que existe uma grande variabilidade ao longo do mês.



**Figura 17 - Variação de preços de energia no mês de janeiro de 2016 (GesEnergy)**

Comparando as figuras 17 e 18, verifica-se que os preços da energia não são lineares, pelo contrário, são muito imprevisíveis. No mês de janeiro houve uma grande variação tempo – procura, daí a existência de grandes discrepâncias. Durante o mês de março o tempo já foi mais linear, tal como a procura, e dessa forma o preço também foi mais estável.



**Figura 18 - Variação de preços de energia para o mês de março de 2016 (GesEnergy)**

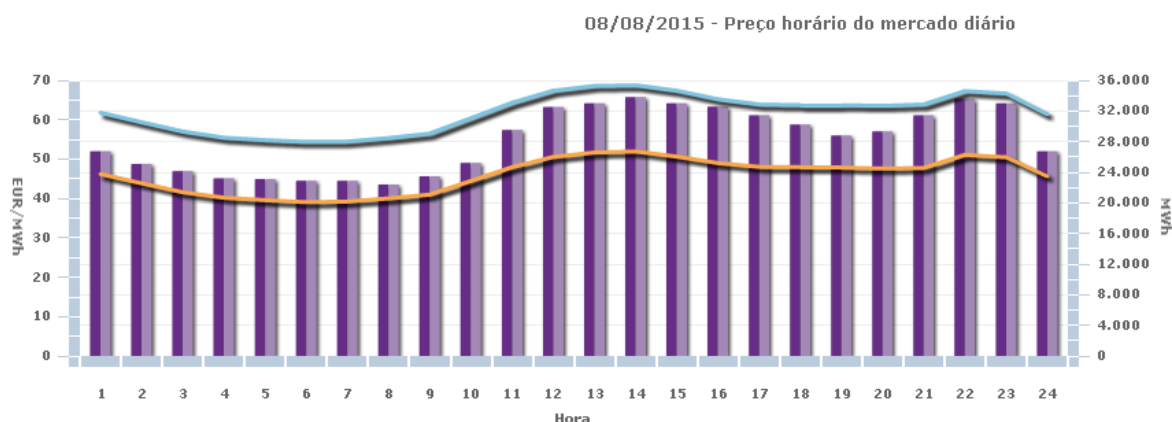
Na tabela 3 está representada uma comparação entre um “Ano Bom” e um “Ano Mau”.

**Tabela 3 - Comparação entre um “Ano Bom” e um “Ano Mau”**

Ano Bom (Ano Húmido)	Ano Mau (Ano Seco)
Muita chuva;	Pouca chuva;
Temperaturas amenas sem necessidade de ligar o ar condicionado;	Temperaturas elevadas;
Barragens cheias de água;	Barragens vazias sem armazenamento de água;
Preço de energia elétrica baixo.	Preço de energia elétrica elevado.

Os preços da energia elétrica na época alta (verão) normalmente são, em grande parte, impulsionados pela procura do ar condicionado. Esses preços geralmente têm uma subida durante a tarde e tendem a atingir o valor máximo do dia entre as 13h e as 16h.

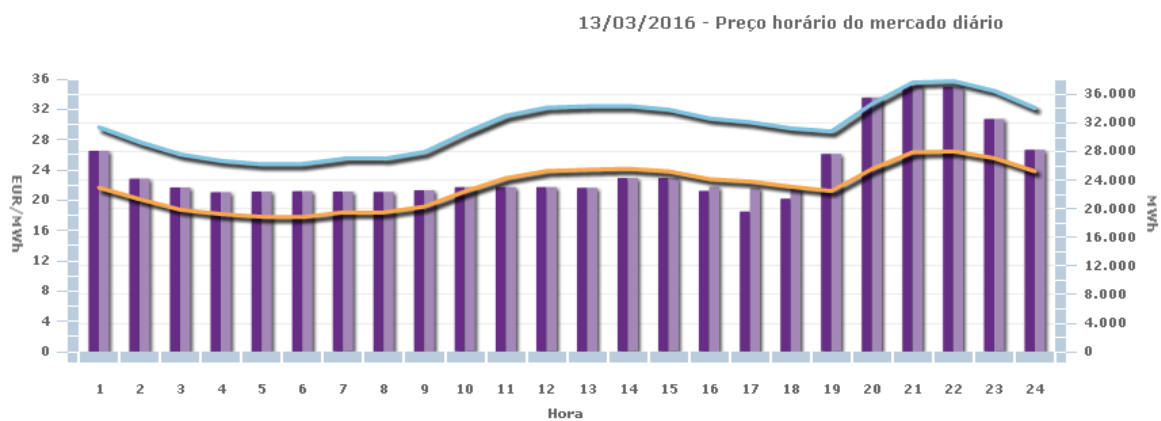
A figura 19 mostra os preços da energia elétrica no dia 08/08/2015, ou seja, na época alta (verão), tendo-se verificado o pico entre as 13h e as 16h.



**Figura 19 - Preços de energia elétrica no dia 08/08/2015 é época alta (OMIE)**

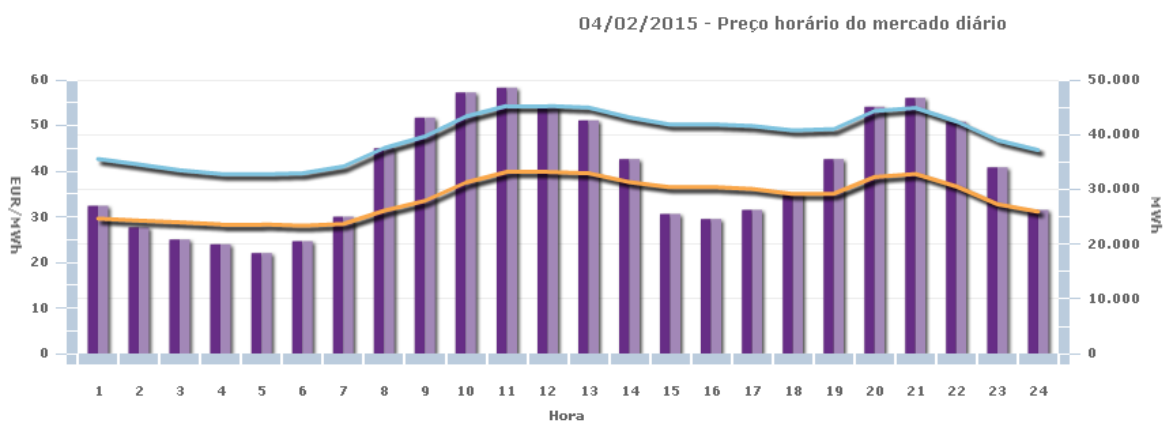
A subida dos preços de energia tende a ocorrer nos dias em que a temperatura é particularmente mais elevada. O custo da energia geralmente é mais baixo aos fins-de-semana e feriados ou nos dias em que o tempo está frio. Tendo por base estes aspetos é possível gerir os custos, de forma a deslocar a carga.

Os preços da energia elétrica na época baixa (inverno) são geralmente mais baixos, e o padrão de preço é mais estável até às 20h, que é quando existe uma maior procura de energia elétrica. É possível constatar este facto na figura 20.



**Figura 20 - Preço de energia mais estável até às 20h num dia de inverno (OMIE)**

Durante os meses mais frios, tende a haver um pequeno pico de custo de energia de manhã e à noite. É possível verificar este facto na figura 21, que mostra um pico entre as 9h e as 12h, e novamente à noite, entre as 20h e as 22h.



**Figura 21 - Preços de energia elétrica nos dias mais frios (OMIE)**

O tempo, como já foi referido anteriormente, pode ter um grande impacto sobre os preços de energia elétrica, especialmente durante o verão quando o uso do ar condicionado tem uma maior procura de eletricidade. É por isso que os preços de energia elétrica no verão tendem a ser mais elevados durante a tarde. Durante os meses de inverno, dias contínuos com temperaturas muito frias também podem elevar os preços do gás natural, o que pode afetar os preços de hora a hora em *Smart Pricing*.

Os preços de energia elétrica estão relacionados com a procura da mesma, e dessa forma os preços aumentam devido à procura existente. Também existe uma tendência semelhante quando há uma redução do consumo, que provoca uma redução dos preços.

### **3.3. TARIFA INDEXADA**

Neste capítulo vai ser apresentado o funcionamento de uma tarifa indexada, como ela é calculada (explicando cada fator matemático), e também vão ser abordadas as diferenças existentes entre uma tarifa fixa e indexada, bem como as suas vantagens e desvantagens.

#### **3.3.1. FUNCIONAMENTO DA TARIFA INDEXADA**

A tarifa indexada constitui numa nova forma que o mercado liberalizado veio promover, e consiste em pagar a energia elétrica consumida a um preço variável, em função do preço adquirido no mercado grossista. Desta forma, é possível comprar energia ao preço do mercado grossista (OMIE), que varia durante as 24 horas diárias. Com a tarifa indexada não é paga a percentagem de risco que lhe está associada, evitando-se assim que durante todo o dia se pague o mesmo valor de energia.

Com a contratação da tarifa indexada normalmente é possível prever uma poupança de 7% a 28%, dependendo do preço da energia que estiver do mercado grossista.

Ambas as tarifas (fixa e indexada) têm as mesmas componentes, que são as seguintes:

- ✓ Potência contratada varia com o consumo, e tem um custo fixo por dia.
- ✓ Energia consumida pelo cliente no período de faturação, e esta varia geralmente em cada fatura, dependendo do consumo.

A principal vantagem de uma tarifa indexada é a poupança que será possível, visto que podemos deslocar o consumo de modo a tirar o maior aproveitamento dos momentos em que a eletricidade é mais barata, principalmente daqueles em que o custo da energia elétrica é nulo (0€).

Em Espanha no ano de 2014 foi contabilizada uma soma de 177 horas em que a energia elétrica chegou a ser gratuita, estando a 0€. Os clientes atentos ao seu consumo conseguiram uma poupança muito significativa na sua fatura de eletricidade.

Esta tarifa é vantajosa para todos os clientes que optem por uma gestão de energia eficiente, idealmente clientes com um consumo anual superior a 5.000 kW [19].

#### **3.3.2. DIFERENÇA EXISTENTE ENTRE A TARIFA FIXA E A TARIFA INDEXADA.**

Quando o consumidor contrata uma tarifa fixa, está a contratar um fornecimento de energia elétrica a um preço fixo durante todo o ano, sabendo que o preço da energia vai variar 24 vezes por dia (respeitando as 24 horas diárias) durante todo o ano (365 / 366 dias).

Uma das razões para se optar por uma tarifa fixa é o facto de existir um erro associado ao valor que se está a pagar, que é relativo ao risco de subidas inesperadas do preço de energia.

Na figura 4 já apresentada (página 10), podemos observar que o preço de eletricidade é negociado, sendo depois revelado pelo OMIE (operador do mercado). Assim sendo, quando se contrata uma tarifa fixa, o comportamento do mercado é irrelevante porque na fatura o valor a pagar será sempre o mesmo.

A tarifa indexada é a tarifa mais económica para empresas e indústrias, porque não vão ter o encargo do erro associado ao preço da subida de energia (que existe nas tarifas fixas), dado que vão comprar energia ao preço do mercado grossista, conseguindo dessa forma poupanças de 33% relativamente à tarifa existente no mercado energético do país.

Com a tarifa indexada normalmente são possíveis grandes poupanças num período de 8 meses, e nos restantes 4 meses é preciso prestar o máximo de atenção possível ao consumo.

Em certas ocasiões o preço da energia no mercado grossista foi de 0€, devido a certos períodos do ano em que as centrais de energia renováveis produzem a máxima capacidade, economizando assim o custo de energia, dado que os recursos necessários para a sua geração são mínimos, como é o caso de períodos muito chuvosos ou muito ventosos, em que as centrais elétricas ou os parques eólicos operam a plena capacidade, respetivamente, e nessas alturas a energia tem um custo de 0€ (zero euros). O mesmo se verifica nas centrais de painéis solares através do sol.

Para além disso, a tarifa indexada oferece a máxima flexibilidade, pois permite mudar para uma tarifa fixa quando essa contratação oferecer um preço melhor [20].

A tabela 4 mostra as principais vantagens e desvantagens para os clientes com uma tarifa fixa e para a respetiva comercializadora.

**Tabela 4 - Vantagens e Desvantagens com a tarifa fixa**

	Cliente	Comercializadora
Vantagens	Nos meses secos o preço da energia pode subir bastante, mas o cliente não tem que se preocupar com isso visto que tem uma tarifa fixa.	Nos meses húmidos em que o preço da energia está muito barato, vai haver uma margem de lucro significativa.
Desvantagens	Nos meses húmidos em que o preço da energia está muito barato o cliente não vai sentir nenhuma poupança na sua fatura.	Nos meses secos o preço da energia pode subir tanto que pode existir prejuízo, daí a comercializadora assumir todo o risco.

A tabela 5 mostra as principais vantagens e desvantagens para os clientes com uma tarifa indexada e para a respetiva comercializadora.

**Tabela 5 - Vantagens e Desvantagens com a tarifa indexada**

	Cliente	Comercializadora
Vantagens	Nos meses húmidos vai conseguir uma poupança bastante significativa com possibilidade de chegar aos 28%.	Nos meses secos em que o custo da energia elétrica aumenta vai conseguir sempre a sua margem de lucro.
Desvantagens	Nos meses em que o preço de energia aumentar o cliente vai ter que assumir esse erro.	A margem de lucro é um pouco menor do que a da tarifa fixa.

### 3.3.3. FORMULAÇÃO MATEMÁTICA PARA O CÁLCULO INDEXADO

Em relação à formulação do cálculo indexado para calcular o custo de energia, esta advém da seguinte expressão:

$$P_{\text{energia}} = P_{\text{TAR}} + (P_{\text{OMIE}} + \text{CGS}) * (1 + P_{\text{erdas}}) + k$$

Esta fórmula calcula o custo da energia para o cliente, por cada hora de consumo, mas só é válida para quem tem um tarifário indexado

De seguida vai ser abordado cada fator matemático englobado na expressão matemática, com as seguintes descrições:

→  $P_{\text{energia}}$  = Preço da energia no tarifário indexado para uma determinada hora;

→  $P_{\text{TAR}}$  = Tarifa de acesso à rede, publicados pela ERSE;

→  $P_{\text{OMIE}}$  = Custo da Energia horária no Mercado Diário OMIE – Portugal (em kWh);

→ CGS = Custos do gestor do sistema (REN) (em  $\frac{\text{€}}{\text{MWh}}$ );

→  $P_{\text{erdas}}$  = Médias horárias, dos coeficientes de perdas publicados pela ERSE (em %);

→  $k$  = Valor fixo correspondente ao spread da Energia Simples.

### 3.3.3.1. TARIFAS DE ACESSO ÀS REDES

$$P_{\text{energia}} = P_{\text{TAR}} + (P_{\text{OMIE}} + \text{CGS}) * (1 + P_{\text{erdas}}) + k$$

O preço das tarifas de acesso às redes é o único fator que é igual para todas as comercializadoras. O valor a pagar no acesso às redes é regulamentado e definido pela ERSE logo no início do ano. Estes valores variam conforme a variação das tensões, desde MAT, AT, MT, BTE, BTN para potências superiores a 20,7 kVA, a BTN para potências iguais ou inferiores a 20,7 kVA e BTN social para potências inferiores a 6,9 kVA. Na tabela 6 estão representadas as unidades utilizadas para a PC, Energia Ativa e Energia reativa.

**Tabela 6 - Unidades na tarifa de acesso às redes**

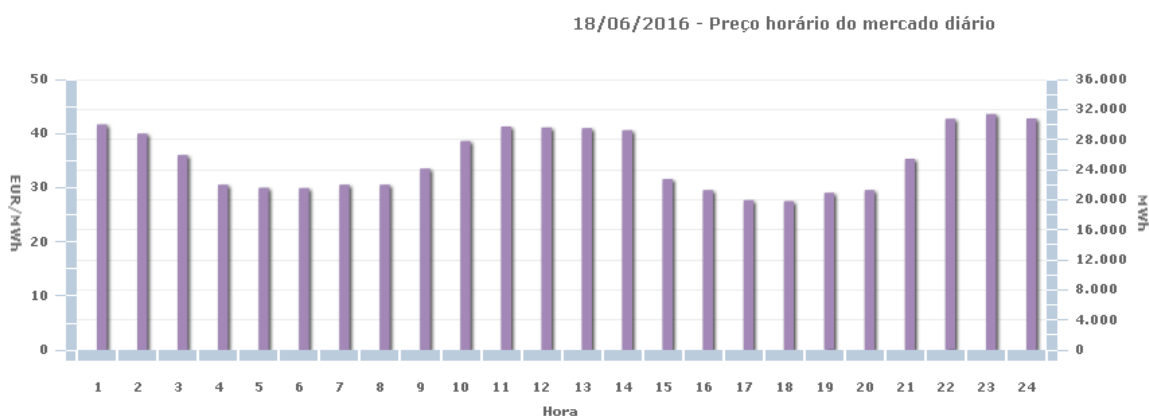
	Unidades
Potência Contratada (PC)	€/kW.dia
Energia Ativa	€/kWh
Energia Reativa	€/kVArh

No Anexo A estão representados em tabelas os valores das tarifas de acesso às redes que estão em vigor desde 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2016.

### 3.3.3.2. PREÇO OMIE

$$P_{\text{energia}} = P_{\text{TAR}} + (P_{\text{OMIE}} + \text{CGS}) * (1 + P_{\text{erdas}}) + k$$

Como foi referido anteriormente, sabemos que o valor do custo da energia para um determinado dia é de 24 valores, em que cada valor corresponde a uma hora desse dia. A figura 22 mostra os 24 valores para Portugal no mercado OMIE.



**Figura 22 - Preço de energia elétrica para o dia 18/06/2016 (OMIE)**

### 3.3.3.3. CGS

$$P_{\text{energia}} = P_{\text{TAR}} + (P_{\text{OMIE}} + \text{CGS}) * (1 + P_{\text{erdas}}) + k$$

O CGS é o custo do gestor do sistema que é da responsabilidade da REN e engloba:

- ✓ Desvios;
- ✓ Encargos banda regulação;
- ✓ Encargos com a resolução de restrições técnicas;
- ✓ Encargos com a resolução de restrições técnicas em tempo real.

Na qualidade de Operadora do Mercado de Serviços de Sistema, a REN é responsável pela contratação e liquidação, de forma a garantir o equilíbrio entre a produção e o consumo de eletricidade [35].

### 3.3.3.4. COEFICIENTE DE PERDAS

$$P_{\text{energia}} = P_{\text{TAR}} + (P_{\text{OMIE}} + \text{CGS}) * (1 + P_{\text{erdas}}) + k$$

Relativamente ao fator das perdas, vai-se demonstrar que as perdas não são valores fixos, variam ao longo de todo o ano de 15 em 15 minutos, para todos os tipos de tensões - baixa tensão (BT), média tensão (MT) e alta tensão (AT). Estes valores das perdas são definidos no início do ano e têm variações de 10 a 20 %. As figuras que se seguem foram realizadas com os valores definidos para 2016, em que se utilizaram as perdas de 15 em 15 minutos.

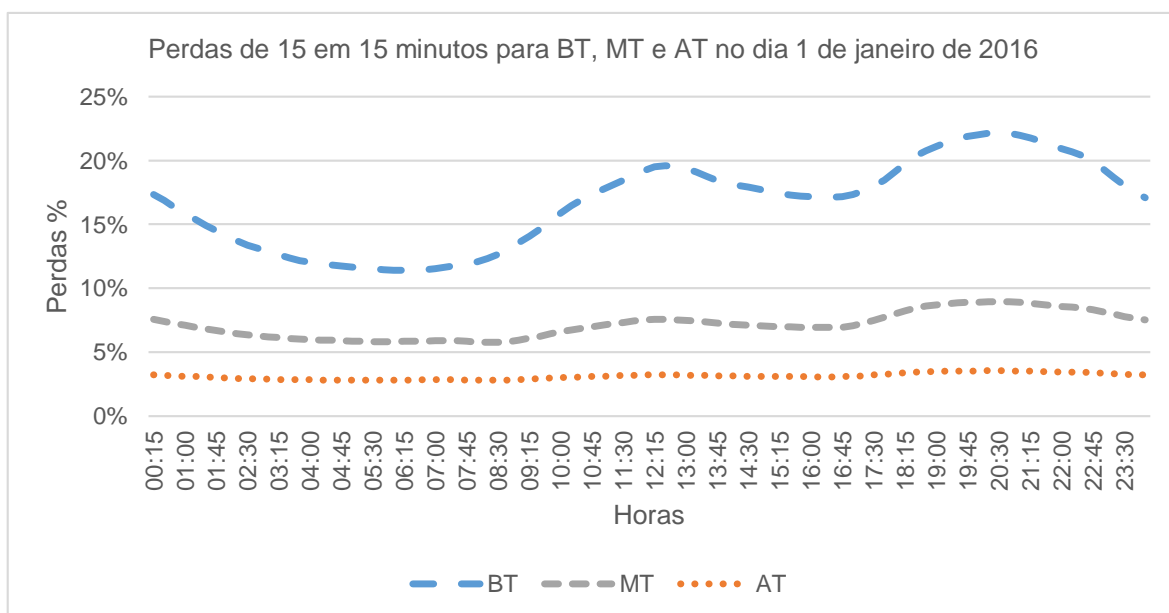


Figura 23 - Perdas de 15 em 15 minutos no dia 1 de janeiro de 2016

Ao cálculo que permite saber as perdas em BT, foram somadas as perdas de AT, MT, BT, e a relação de transformação da mesma hora. Para MT foram somadas as perdas de AT e MT, e a relação de transformação.

No cálculo de AT foram somadas as perdas de AT e a relação de transformação.

Relativamente à figura 23 esta mostra as perdas de 15 em 15 minutos, para BT, MT e AT. É possível visualizar que as perdas diminuem quanto maior for a tensão e nas horas em que normalmente existe menos procura.

As perdas para BT variam entre 10 e 20%, para MT de 5 a 10% e AT de 3 a 4%.

### 3.3.3.5. SPREAD DA EMPRESA (K)

$$P_{\text{energia}} = P_{\text{TAR}} + (P_{\text{OMIE}} + \text{CGS}) * (1 + P_{\text{erdas}}) + k$$

O valor k é a margem de lucro das empresas, em que normalmente quanto maior for o consumo do cliente, menor vai ser a margem de lucro da comercializadora.

Por norma o valor k ronda de 1 a 5 €/MWh, mas pode tomar outros valores dependendo do contrato que o cliente realize com a comercializadora em questão.

## 4. CASOS DE ESTUDO

### 4.1. ENQUADRAMENTO PARA O CASO DE ESTUDO

No Banco Popular existe um projeto liderado pela empresa Virtual Power Solutions (VPS), parceira da Energia Simples, que é responsável por ter o controlo dos consumos de 164 balcões / filiais, em que engloba todos os equipamentos elétricos, bem como dos sistemas de Avac. Tudo isto é possível através da plataforma Kisense. Esta plataforma, que tem uma interligação com o GesEnergy, tem como base a monitorização de consumos energéticos dos clientes de MT.

Os clientes de média tensão que utilizam esta plataforma, conseguem controlar todos os consumos e anomalias que eventualmente podem vir a ter no setor empresarial. Este *software* de supervisão e gestão de energia tem como grande finalidade a redução dos consumos energéticos e, por sua vez, uma redução dos seus custos associados.

O Kisense analisa e fornece os consumos energéticos em tempo real, mostrando informações importantes, para que os responsáveis dessa empresa consigam executar e implementar as decisões referentes à gestão energética. O Kisense é considerado pelos gestores de energia e mesmo pelos gestores técnicos de edifícios uma mais-valia na implementação desta plataforma para obter as melhores soluções energéticas, estando à distância de toda a gente como poupar energia, reduzir os custos e tornar os consumos energéticos sustentáveis. Neste momento o Kisense é só gestão e controlo remoto de equipamentos. Com a parceria da empresa Energia Simples com a VPS, foi possível realizar casos de estudo para a implementação do tarifário indexado / demand response em duas filiais, Coimbra Solum e Cesar. O estudo foi realizado com base no passado, com o objetivo de estudar se compensa implementar no futuro a gestão de procura da tarifa indexada (*Smart Pricing*) em todos os balcões do Banco Popular.

### 4.1.1. SITUAÇÃO DOS PREÇOS DA ENERGIA ELÉTRICA EM 2015 E 2016

Vão ser abordado dois anos distintos, o ano 2015 e 2016. O ano 2015 foi um ano bastante seco, conhecido como um “ano mau”, em que o custo da energia elétrica atingiu valores exorbitantes, com um record de 85,05 €/MWh no dia 7 de janeiro, como se verificar na figura 24.

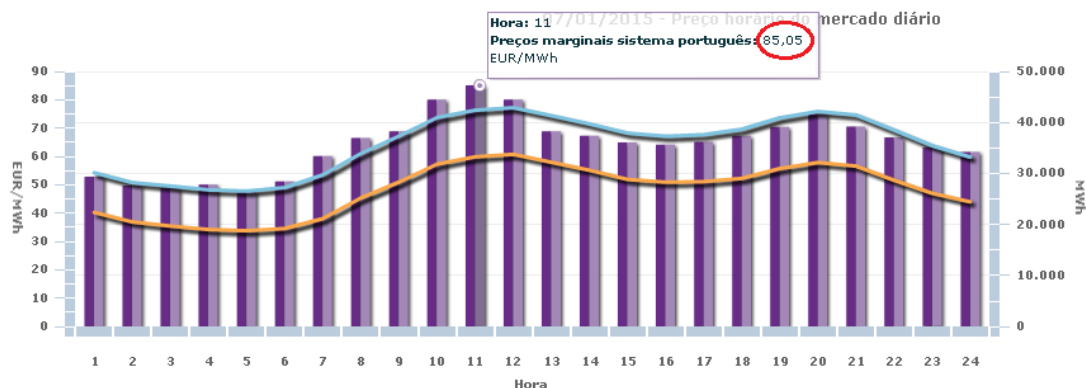


Figura 24 - Valor máximo de energia em 2015 no dia 07/01/2015 [OMIE]

2016 está a ser um ano bastante húmido, ou seja, um “ano bom”, em que o preço da energia elétrica está consideravelmente baixo. A figura 25 mostra o preço da energia elétrica no dia 07 de janeiro de 2016, o mesmo dia que em 2015 registou o valor máximo do ano.

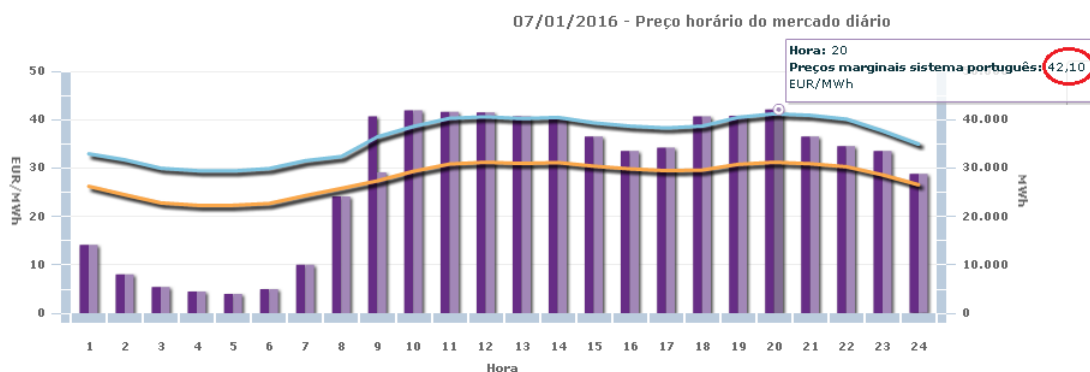


Figura 25 - Diagrama do custo da energia no dia 07/01/2016 [OMIE]

Verificamos que no dia 7 de janeiro de 2015 o valor máximo foi de 85,05 €/MWh, e passado um ano (7 de janeiro de 2016), o valor máximo foi 50,5 % mais baixo, nomeadamente de 42,10 €/MWh às 20h.

Na tabela 7 vão ser apresentados alguns valores médios mensais pelo OMIE entre o ano 2015 e 2016, para se distinguir um “ano mau” de um “ano bom”.

**Tabela 7 - Valores médios mensais para o "ano mau" e "ano bom" [OMIE]**

Mês \ Ano	2015 (Ano Mau)	2016 (Ano Bom)	Diferença (%)
Janeiro	51,82 €/MWh	36,39 €/MWh	29,78 %
Fevereiro	42,57 €/MWh	27,35 €/MWh	35,75 %
Março	43,22 €/MWh	27,70 €/MWh	35,90 %
Abril	45,49 €/MWh	23,50 €/MWh	48,34 %
Maior	45,18 €/MWh	24,93 €/MWh	44,82 %
Média	45,66 €/MWh	27,97 €/MWh	38,92 %

Nesta tabela, fazendo uma análise rápida, percebemos que o tarifário indexado seria mais vantajoso se fosse aplicado em 2016 em vez de 2015, visto que existe uma diferença média mensal de 38,92 % entre os respetivos anos.

## **4.2. CASO DE ESTUDO PARA O BALCÃO DE COIMBRA SOLUM**

Dado que numa agência bancária o que tem maior consumo é o sistema de Avac, foi nesse contexto que foi realizado o estudo e efetuada uma filtragem de dados adquiridos pela plataforma Kisense, com o apoio da empresa *Virtual Power Solutions*. Vai ser abordada a situação antiga, de seguida a mesma situação mas com a tarifa indexada e, por último, com a gestão de procura em que foram criadas duas opções de consumo, para demonstrar que é possível reduzir a fatura.

### **4.2.1. ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO DO TARIFÁRIO INDEXADO PARA 2015**

Neste subcapítulo vai-se falar acerca dos custos que o banco teve nos primeiros 5 meses, bem como dos custos que o banco ia ter caso fosse aplicado o tarifário indexado. Vai ser demonstrado como foi calculado o custo para o dia 04/01/2015 às 16h, em que houve um consumo de 3,4 kWh.

Valor para o dia 4 de janeiro de 2015 sem indexado = Consumo \* Tarifa

Valor para as 16h no dia 4 de janeiro de 2015 sem indexado =  $3,4 \text{ kWh} * (0,1392 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} - 0,0736 \frac{\text{€}}{\text{kWh}})$

Valor para as 16h no dia 4 de janeiro de 2015 sem indexado =  $3,4 \text{ kWh} * 0,0656 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 0,2230 \text{ €}$

O valor 0,0656 €/kWh representa o preço da energia que foi faturado nas horas de cheias. O valor de 0,0736 €/kWh que está a subtrair, representa o custo do acesso às redes nas horas de cheias.

Este cálculo foi realizado para todas as horas do dia e para todos os dias do mês, e foram obtidos os valores que se encontram na tabela 8.

**Tabela 8 - Valor que o banco pagou em 2015 sem indexado**

Valor pago em 2015 pelo banco (valores sem a tarifa de acesso as redes)	
Janeiro	68,78 €
Fevereiro	47,05 €
Março	33,08 €
Abril	8,44 €
Maió	11,24 €
TOTAL	168,59 €

A fórmula seguinte representa o cálculo do tarifário indexado, que é atualmente utilizada pela comercializadora Energia Simples.

$$P_{\text{energia}} = P_{\text{TAR}} + (P_{\text{OMIE}} + \text{CGS}) * (1 + P_{\text{erdas}}) + k$$

Na aplicação da fórmula não foi tido em consideração o preço da tarifa de acesso as redes ( $P_{\text{TAR}}$ ), visto que é igual para todas as comercializadoras. Na tabela 9 estão representados os valores para os primeiros 5 meses do ano 2015, mas com o tarifário indexado. Vai ser demonstrado como foi calculado para o dia 04/01/2015 às 16h, em que houve um consumo de 3,4 kWh e o preço de energia no mercado Spot foi de 39,82 €/MWh. O valor de k foi sempre igual a 1.

$$P_{\text{energia}} = \left( 0,03982 \text{ kWh} + \frac{1,3 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}}{1000} \right) * (1 + 0,15) + \left( \frac{1 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}}{1000} \right) = 0,04829 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Valor para as 16h do dia 4 de janeiro de 2015 com indexado} = \text{Consumo kWh} * P_{\text{energia}} \text{€}$$

$$\text{Valor para as 16h do dia 4 de janeiro de 2015 c/ indexado} = 3,4 \text{ kWh} * 0,04829 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 0,1642 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

**Tabela 9 - Valor caso tivesse o tarifário indexado em 2015**

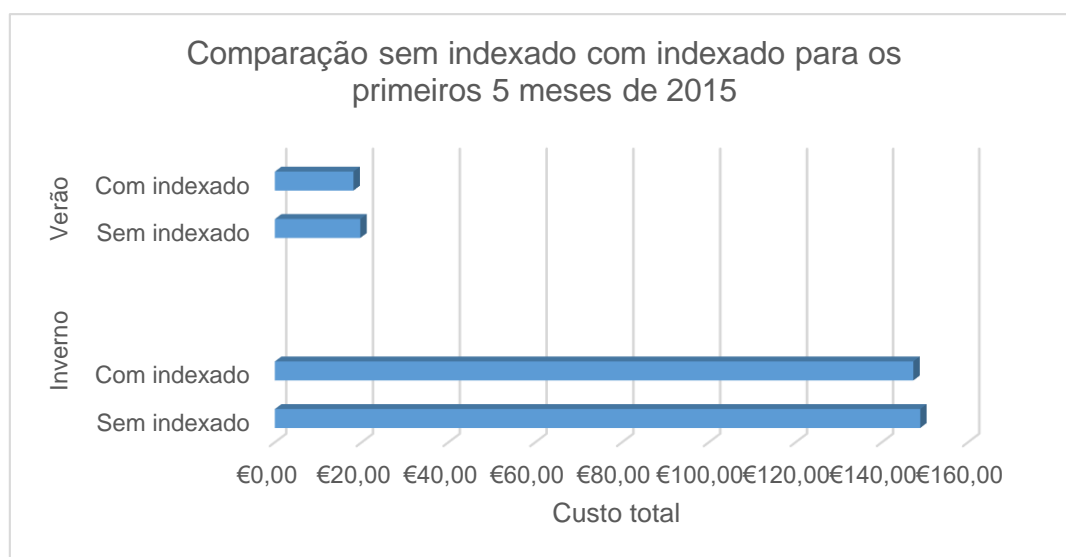
Valor caso o banco tivesse o tarifário indexado em 2015 (valores sem a tarifa de acesso as redes)	
Janeiro	72,90 €
Fevereiro	44,78 €
Março	29,62 €
Abril	7,63 €
Maió	10,47 €
TOTAL	165,40 €

A tabela 10 é a junção da tabela 8 e 9. Verifica-se que o ano 2015 foi um “ano mau”, devido à poupança com o tarifário indexado nestes primeiros 5 meses, que foi de 2%. Os meses de inverno são de janeiro a março e de outubro a dezembro, e os meses de verão são de abril a setembro.

**Tabela 10 - Valores sem e com indexado para os primeiros 5 meses do ano 2015**

	Inverno		Verão		Total	
	Sem indexado	Com indexado	Sem indexado	Com indexado	Sem indexado	Com indexado
Valor sem indexado e com indexado	148,91 €	147,30 €	19,68 €	18,10 €	168,60 €	165,41 €
					Diferença	Poupança (%)
					3,19 €	2 %

Analisando a figura 26 consegue-se ver que, com indexado e sem indexado para os primeiros 5 meses, a poupança vai ser muito baixa. A tabela 10 detalha a diferença que vai existir caso tivesse sido aplicado o indexado no ano 2015.



**Figura 26 - Comparação sem e com indexado para 2015 nos primeiros 5 meses**

A tabela 11 representa todo o ano de 2015, sem indexado e com indexado. Verificou-se que não ia compensar caso tivesse sido implementado o tarifário indexado, com um prejuízo negativo cerca de 2%.

**Tabela 11 - Valores sem e com indexado para o ano 2015**

	Inverno		Verão		Total	
	Sem indexado	Com indexado	Sem indexado	Com indexado	Sem indexado	Com indexado
Valor sem indexado e com indexado	195,42 €	190,11 €	122,70 €	134,88 €	318,11 €	325,00 €
					Diferença	Prejuízo (%)
					- 6,88 €	- 2 %

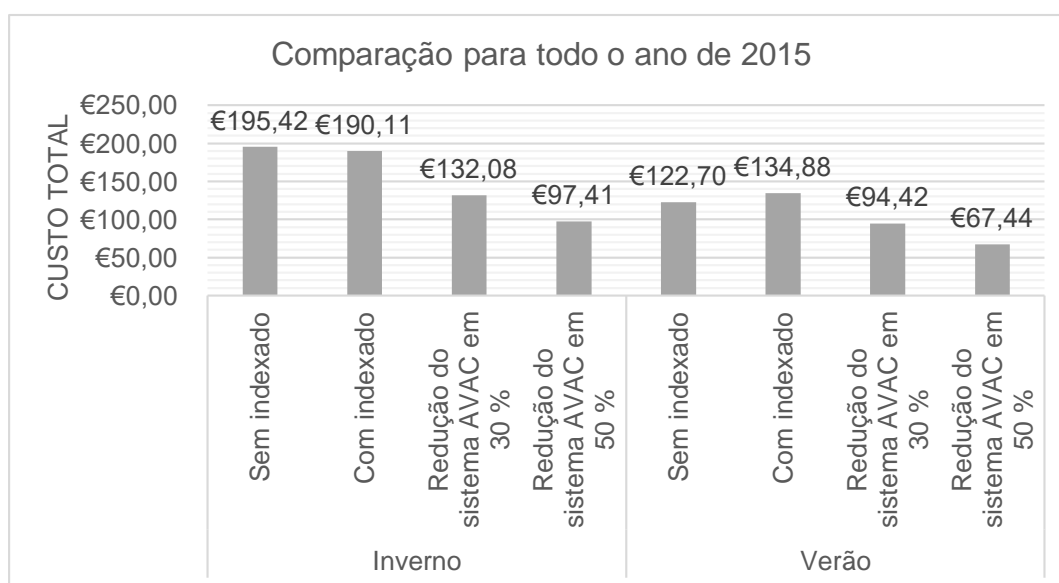
#### 4.2.1.1. ESTUDO NA REDUÇÃO NO SISTEMA DE AVAC PARA 2015

Devido ao prejuízo que ia haver caso fosse implementado o tarifário indexado no ano 2015, foi abordado a ideia de reduzir o sistema de AVAC em 30 e 50 % com o tarifário indexado, em que 50 % significa estar desligado 30 minutos por hora.

Os resultados conclusivos estão apresentados na tabela 12, bem como também mostra na figura 27.

**Tabela 12 - Valor que teria pago em 2015 se tivesse reduzido a potência do AVAC**

	Inverno		Verão		Total	
	Em 30 %	Em 50 %	Em 30 %	Em 50 %	Em 30 %	Em 50 %
Valor reduzindo a potência do AVAC com indexado	132,08 €	97,41 €	94,42 €	67,44 €	226,50 €	164,85 €
	Diferença					Poupança (%)
	61,65 €					27 %



**Figura 27 – Comparação para todo o ano de 2015 com a redução do sistema AVAC**

#### 4.2.1.2. ESTUDO NA IMPLEMENTAÇÃO DE DUAS OPÇÕES PARA 2015

Foram definidas duas opções com três critérios cada, de forma a se conseguir uma maior poupança, tendo em conta o funcionamento do banco e, sobretudo a comodidade dos funcionários e clientes das instalações do banco.

As opções definidas estão apresentadas na tabela 13.

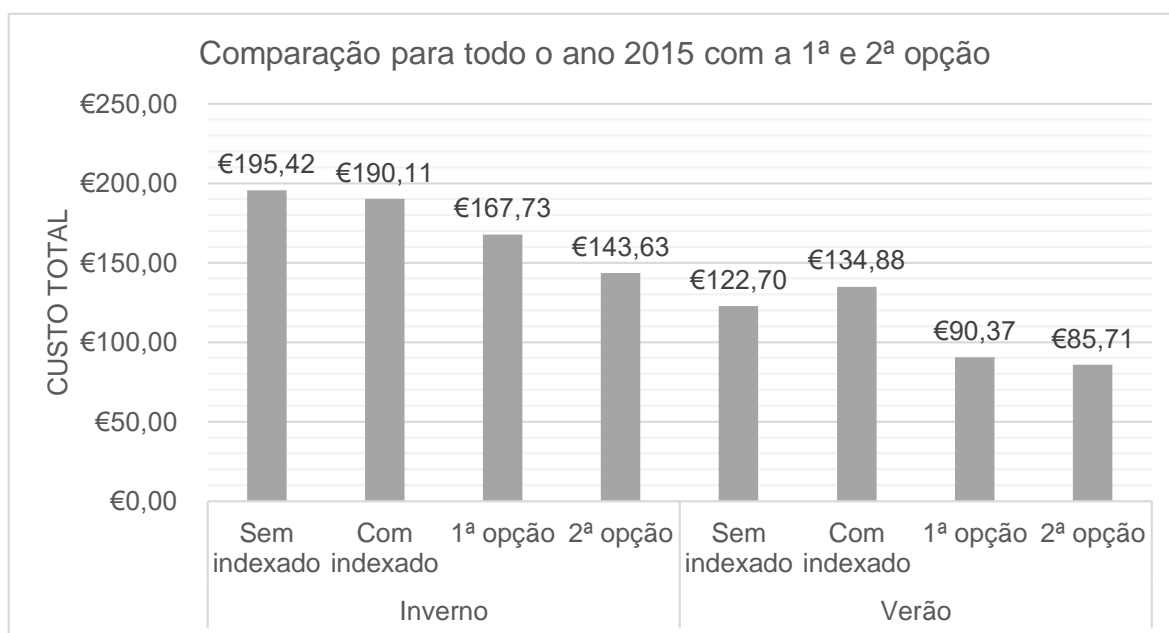
**Tabela 13 - Opções com os respetivos critérios, em conta o funcionamento do banco**

1ª Opção	2ª Opção
1º Critério: só poderá funcionar das 7h às 21h	1º Critério: só poderá funcionar das 7h às 21h
2º Critério: só vai funcionar se o preço for 5% inferior ao preço máximo do dia	2º Critério: só vai funcionar se o preço for 5% inferior ao preço máximo do dia
3º Critério: não pode estar mais de 1h desligado.	3º Critério: desligar quando o valor do preço da energia na hora de ponta for superior à média do preço de energia nas horas de ponta.

Na tabela 14 comparamos os custos da 1ª opção com a 2ª opção. Na figura 28 é possível comparar os custos com e sem indexado, para a 1ª e 2ª opção.

**Tabela 14 – Comparação do valor que teria pago em 2015 com a 1ª opção e 2ª opção**

	Inverno		Verão		Total	
	1ª opção	2ª opção	1ª opção	2ª opção	1ª opção	2ª opção
Valor a pagar com a 1ª ou 2ª opção	167,73 €	143,63 €	90,37 €	85,71 €	258,10 €	229,33 €
					Diferença	Poupança (%)
					28,77 €	11 %



**Figura 28 - Comparação para todo o ano 2015 com a 1ª e 2ª opção**

#### 4.2.2. ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO DO TARIFÁRIO INDEXADO PARA 2016

Os custos que o balcão de Coimbra Solum apresentou em 2015 para os primeiros 5 meses vão ser explicados através do cálculo sem a tarifa indexada. Vai ser demonstrado como se calculou para o dia 05-01-2016 às 13h, em que houve um consumo de 5,6 kWh.

Custo para o dia 5 de janeiro de 2016 sem indexado = Consumo \* Tarifa

$$\text{Custo para o dia 5 de janeiro de 2016 sem indexado às 13h} = 5,6 \text{ kWh} * (0,1392 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} - 0,0736 \frac{\text{€}}{\text{kWh}})$$

$$\text{Custo para o dia 5 de janeiro de 2016 sem indexado às 13h} = 5,6 \text{ kWh} * 0,0656 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 0,3674 \text{ €}$$

O valor 0,0656 €/kWh representa o preço de energia que está a ser faturado nas horas de cheias, mas sem o acesso às redes das horas de cheias, que foi de 0,0736 €/kWh. Este cálculo foi realizado para todas as horas do dia e para todos os dias do mês e teve os valores que se encontram na tabela 15.

No Anexo A são exibidas as tarifas de acesso às redes em vigor desde 1 de janeiro até 31 de dezembro de 2016 para cada nível de tensão.

**Tabela 15 - Valor que pagou em 2016 sem indexado**

Valor pago em 2015 SEM indexado (valores sem a tarifa de acesso as redes)	
Janeiro	16,38 €
Fevereiro	23,78 €
Março	36,56 €
Abril	14,17 €
Maiο	6,90 €
TOTAL	97,69 €

A fórmula que se segue, como foi referido anteriormente, é para a aplicação da tarifa indexada que é utilizada pela comercializadora Energia Simples.

$$P_{\text{energia}} = P_{\text{TAR}} + (P_{\text{OMIE}} + \text{CGS}) * (1 + P_{\text{erdas}}) + k$$

Na aplicação da fórmula não tivemos em consideração o preço da tarifa de acesso as redes ( $P_{\text{TAR}}$ ), visto que é igual para todas as comercializadoras.

Vai ser demonstrado como se calculou para o dia 05-01-2016 às 13h, em que houve um consumo de 5,6 kWh e em que o preço de energia no mercado Spot foi de 38,25 €/MWh. O valor de k foi sempre igual a 5, devido à energia elétrica ser barata.

$$P_{\text{energia}} = \left( 0,03825 \text{ kWh} + \frac{1,3 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}}{1000} \right) * (1 + 0,15) + \left( \frac{5 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}}{1000} \right) = 0,05048 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

Valor para o dia 5 de janeiro de 2016 com indexado às 13h = Consumo kWh \*  $P_{\text{energia}}$  €

Valor para o dia 5 de janeiro de 2016 com indexado às 13h = 5,6 kWh \* 0,05048  $\frac{\text{€}}{\text{kWh}}$  = 0,2827  $\frac{\text{€}}{\text{kWh}}$

Comparando os valores obtidos sem indexado e com indexado, verificou-se que o ano 2016 foi um “ano bom” porque a poupança é bastante significativa, até ao ponto de ter existido um record mínimo do custo de energia.

Na tabela 16 estão representados os valores para os primeiros 5 meses do ano 2016, mas com a tarifa indexada.

**Tabela 16 - Valor que teria pago em 2016 com indexado**

Valor que teria pago em 2015 COM indexado (valores sem a tarifa de acesso as redes)	
Janeiro	12,30 €
Fevereiro	15,71 €
Março	21,17 €
Abril	7,18 €
Mai	4,17 €
TOTAL	60,49 €

A tabela 17 vai ser a união da tabela 15 e tabela 16 e, dessa forma, vai-se verificar que o indexado vai compensar bastante só nos primeiros 5 meses, com uma poupança de cerca de 38 %. Na figura 29 vai estar representada essa comparação.

**Tabela 17 - Valores sem e com indexado para os primeiros 5 meses do ano 2016**

	Inverno		Verão		Total	
	Sem indexado	Com indexado	Sem indexado	Com indexado	Sem indexado	Com indexado
Valor SEM indexado e COM indexado	76,62 €	49,13 €	21,08 €	11,36 €	97,69 €	60,49 €
					Diferença	Poupança (%)
					37,21 €	38 %

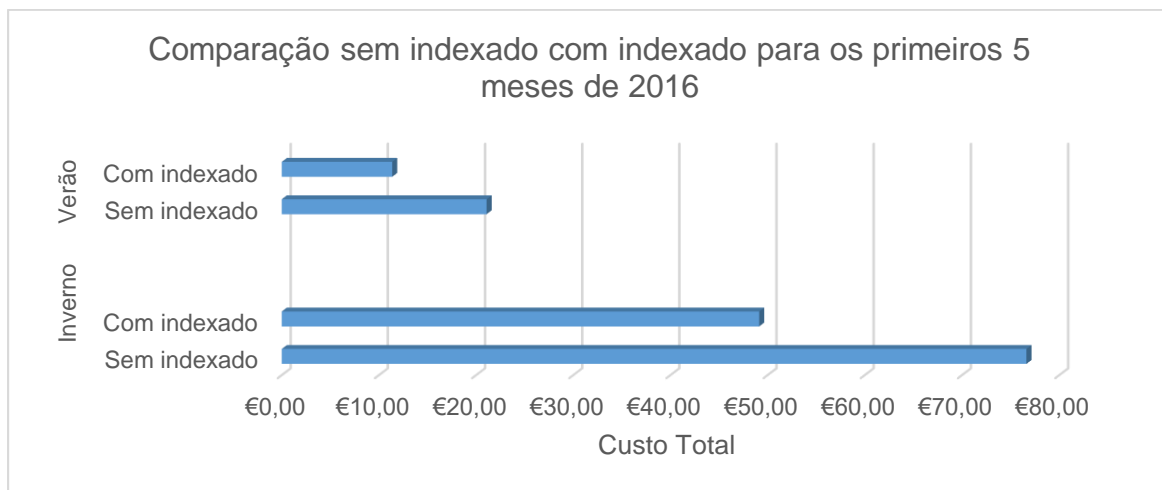


Figura 29 - Comparação sem e com indexado para 2016 nos primeiros 5 meses

#### 4.2.2.1. ESTUDO NA REDUÇÃO NO SISTEMA DE AVAC PARA 2016

Na aplicação do tarifário indexado para 2016 era possível uma poupança de 38 %, mas colocou-se também a opção de redução do sistema de AVAC em 30 e 50 % na tarifa indexada para 2016, em que 50 % se refere a estar desligado 30 minutos por hora.

Os resultados conclusivos estão apresentados na tabela seguinte (18).

Tabela 18 - Valor que teria pago em 2016 se tivesse reduzido a potência do AVAC

	Inverno		Verão		Total	
	Em 30 %	Em 50 %	Em 30 %	Em 50 %	Em 30 %	Em 50 %
Valor reduzindo a potência do AVAC com indexado	34,39 €	24,56 €	7,95 €	5,68 €	42,34 €	30,24 €
					Diferença	Poupança (%)
					12,10 €	29 %

Na figura 30 está representada a comparação dos primeiros 5 meses do ano 2016 com a respetiva redução do sistema de AVAC.

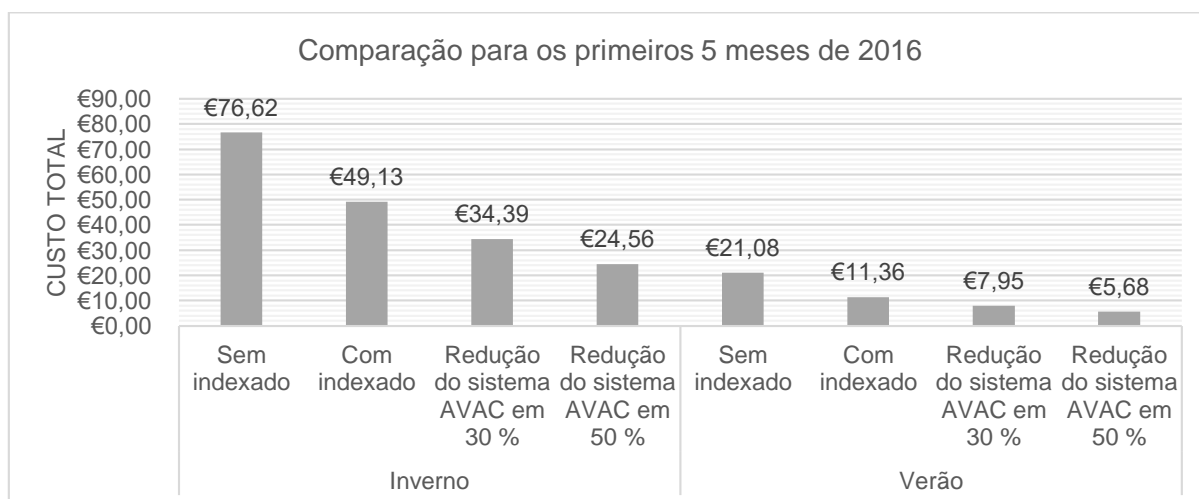


Figura 30 – Implementação da redução do sistema AVAC para os primeiros 5 meses

#### 4.2.2.2. ESTUDO NA IMPLEMENTAÇÃO DE DUAS OPÇÕES PARA 2016

Em relação às duas opções com três critérios cada, estas foram definidas para que se consiga uma maior poupança, tendo em conta o funcionamento do banco e sobretudo a comodidade dos funcionários e clientes das instalações do banco.

As opções definidas estão apresentadas na tabela 19.

**Tabela 19 - Opções com os respetivos critérios, em conta o funcionamento do banco**

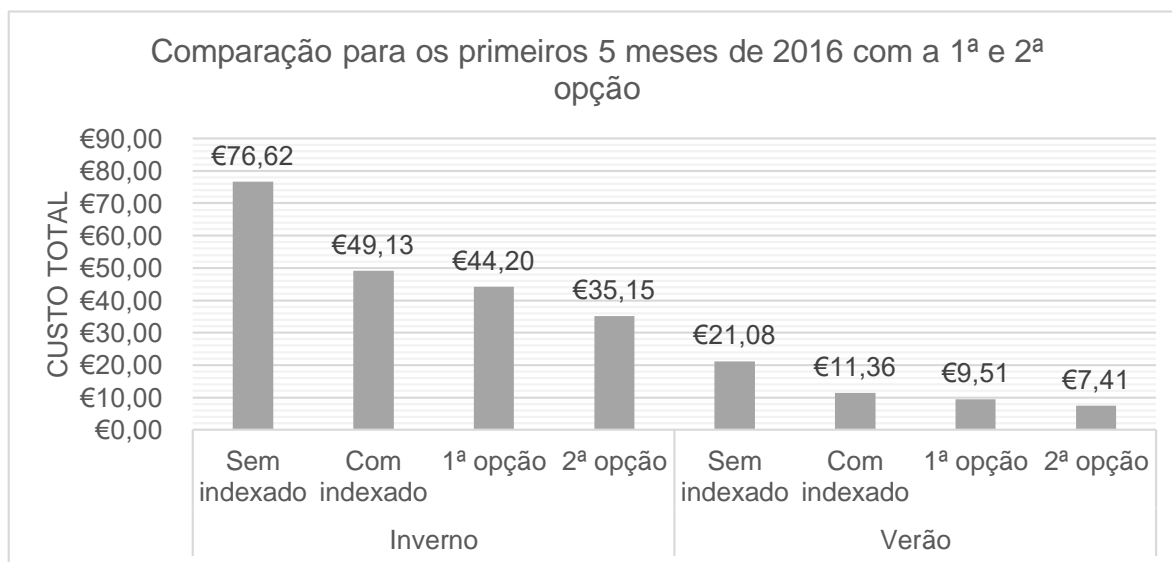
1ª Opção	2ª Opção
1º Critério: só poderá funcionar das 7h às 21h	1º Critério: só poderá funcionar das 7h às 21h
2º Critério: só vai funcionar se o preço for 5% inferior ao preço máximo do dia	2º Critério: só vai funcionar se o preço for 5% inferior ao preço máximo do dia
3º Critério: não pode estar mais de 1h desligado.	3º Critério: desligar quando o valor do preço da energia na hora de ponta for superior à média do preço de energia nas horas de ponta.

Na tabela 20 comparamos os custos da 1ª com a 2ª opção. Na figura 31 é possível comparar os custos com e sem indexado, para a 1ª e 2ª opção.

**Tabela 20 – Comparação do valor que teria pago em 2016 com a 1ª opção e 2ª opção**

	Inverno		Verão		Total	
	1ª opção	2ª opção	1ª opção	2ª opção	1ª opção	2ª opção
Valor a pagar com a 1ª ou 2ª opção	44,20 €	35,15 €	9,51 €	7,41 €	53,71 €	42,56 €
					Diferença	Poupança (%)
					11,15 €	21 %

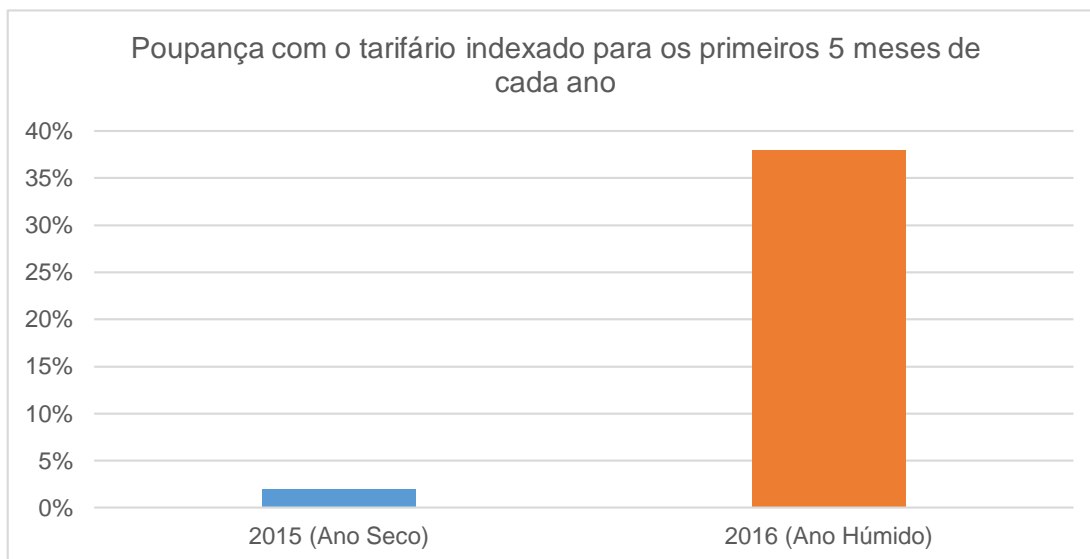
Na figura 31 representa uma comparação para os primeiros 5 meses de 2016 com as opções.



**Figura 31 - Comparação para os primeiros 5 meses de 2016 com a 1ª e 2ª opção**

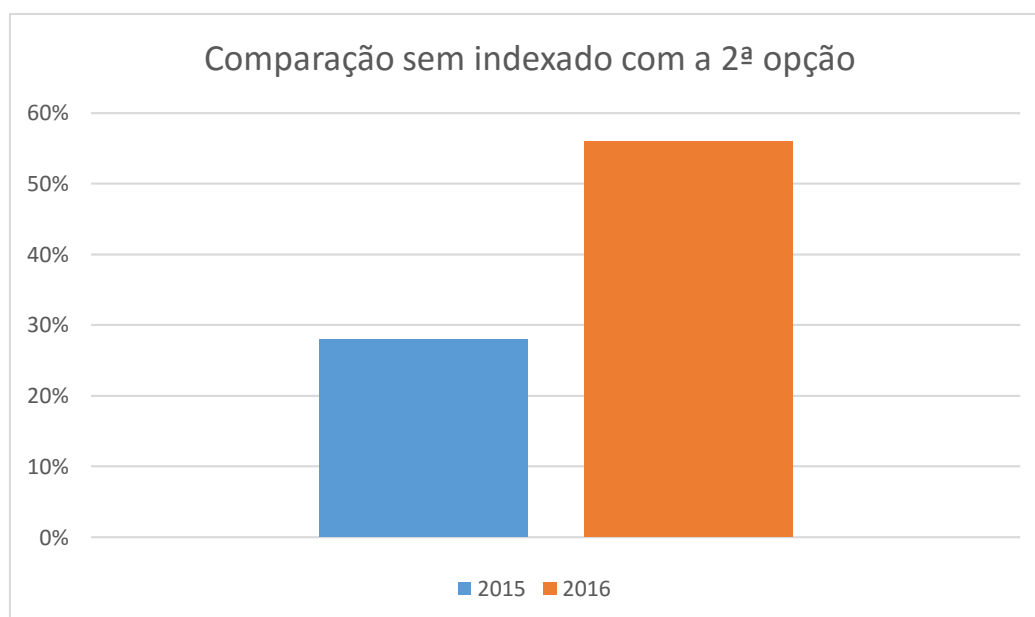
### 4.2.3. ANÁLISE ECONÓMICA FINANCEIRA DOS ESTUDOS DE 2015 E 2016

Comparando o ano 2015 com o ano 2016, sabemos que nos primeiros 5 meses de 2015 conseguíamos uma poupança de 2 %, e em 2016 uma poupança de 38 % aplicando apenas o tarifário indexado, como mostra a figura 32.



**Figura 32 - Comparação com aplicação do Smart Pricing em 2015 e 2016**

A figura seguinte mostra a poupança de ter a tarifa normal e a junção do tarifário indexado com a 2ª opção (*Smart Pricing*), onde se consegue obter uma poupança de 28 % no ano 2015 e de 56 % no ano 2016. Isto é devido à capacidade de desligar ou ligar a carga e também à possibilidade do deslocamento do diagrama de carga.



**Figura 33 - Comparação sem indexado com a 2ª opção**

**Tabela 21 - Preço máximo e mínimo dos anos 2015 e 2016**

	2015	2016
Preço máximo atingido	85,05 €/MWh	65,13 €/MWh
Preço mínimo atingido	4,00 €/MWh	0,00 €/MWh

Na tabela 21 temos uma comparação entre o preço máximo e mínimo atingidos nos primeiros 5 meses de cada ano, sabendo também que em 2015 houve um recorde máximo do custo de energia elétrica e em 2016 um recorde mínimo do custo de energia.

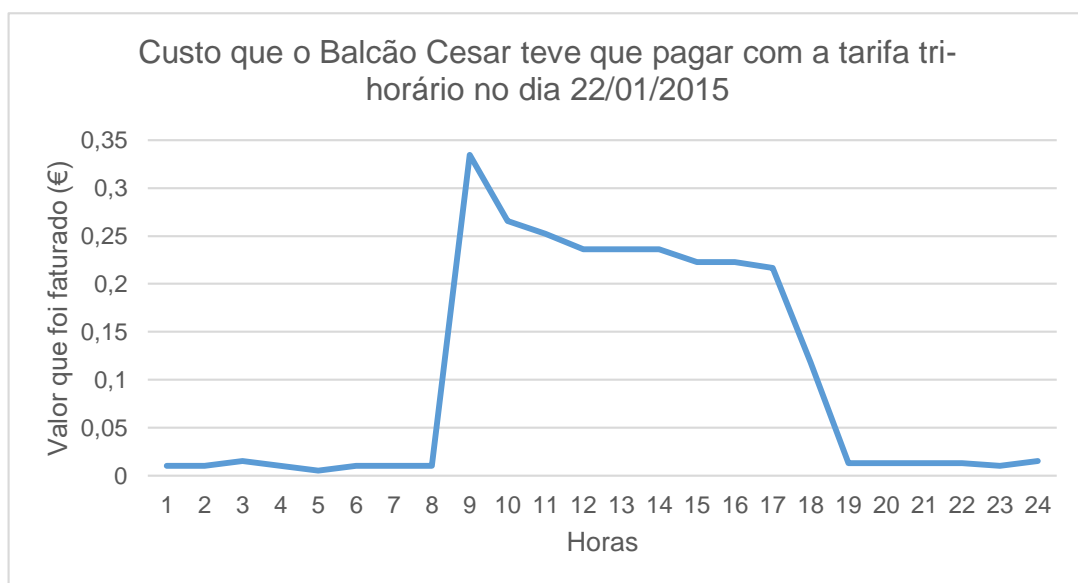
### 4.3. CASO DE ESTUDO PARA O BALCÃO CESAR

Neste capítulo vai ser apresentado um caso diário, em que se transferiu o diagrama de cargas do sistema AVAC para outras horas, em que o preço da energia fosse mais barato, mantendo as instalações a uma temperatura agradável e mantendo o mesmo consumo diário.

O estudo foi realizado para o dia 22 de janeiro de 2015 para o balcão Cesar. A figura 34 demonstra o custo que teve em relação ao sistema de AVAC conforme a tarifa tri-horário que tinha aplicada em que o custo para as horas de ponta foi de  $0,2902 - 0,2238 = 0,0664$  €/kWh, horas de cheias  $0,1392 - 0,0736 = 0,0656$  €/kWh e horas de vazio de  $0,0703 - 0,0183 = 0,052$  €/kWh. Estes custos são todos sem o valor da tarifa de acesso às redes, que é o valor que está a subtrair. Vai ser demonstrado o exemplo do cálculo para a tarifa tri-horário às 11h, em que se obteve um consumo de 3,6 kWh.

$$\text{Valor pago para às 11h sem indexado} = \text{Consumo} * \text{Tarifa}$$

$$\text{Valor pago para às 11h sem indexado} = 3,6 \text{ kWh} * (0,1392 - 0,0736) = 0,23616 \text{ €}$$



**Figura 34 - Custo que o Balcão Cesar teve que pagar com a tarifa tri-horário no dia 22/01/2015**

Observa-se, pelos valores da figura 34, que não existe qualquer tipo de critério, e conseguimos saber que as instalações começam a funcionar às 8h e fecham às 18h, vendo também que o sistema de AVAC mantém-se sempre ligado com um valor mínimo de 0,2 kWh.

#### 4.3.1. IMPLEMENTAÇÃO DO TARIFÁRIO INDEXADO

Aos custos que o balcão Cesar teve para o dia 22/01/2015, vai ser aplicado o tarifário indexado, e para uma maior explicação vai ser demonstrado como foi realizado o cálculo para às 11h em que tiveram um consumo de 3,6 kWh.

A fórmula que se segue, como foi referido anteriormente, é para aplicação da tarifa indexada que é utilizada pela comercializadora Energia Simples.

$$P_{\text{energia}} = P_{\text{TAR}} + (P_{\text{OMIE}} + \text{CGS}) * (1 + P_{\text{erdas}}) + k$$

Na aplicação da fórmula não tivemos em consideração o preço da tarifa de acesso as redes ( $P_{\text{TAR}}$ ), visto que é igual para todas as comercializadoras.

$$P_{\text{energia}} = \left( 0,06327 \text{ kWh} + \frac{1,3 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}}{1000} \right) * (1 + 0,15) + \left( \frac{1 \frac{\text{€}}{\text{MWh}}}{1000} \right) = 0,07526 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Valor para às 11h do dia 22 de janeiro de 2015} = \text{Consumo kWh} * P_{\text{energia}} \text{ €}$$

$$\text{Valor para às 11h do dia 22 de janeiro de 2015} = 3,6 \text{ kWh} * 0,07526 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 0,2709 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

A figura 35 mostra os preços de energia retirados da plataforma OMIE em que existiu uma variação de 40 % para o dia 22/01/2015.

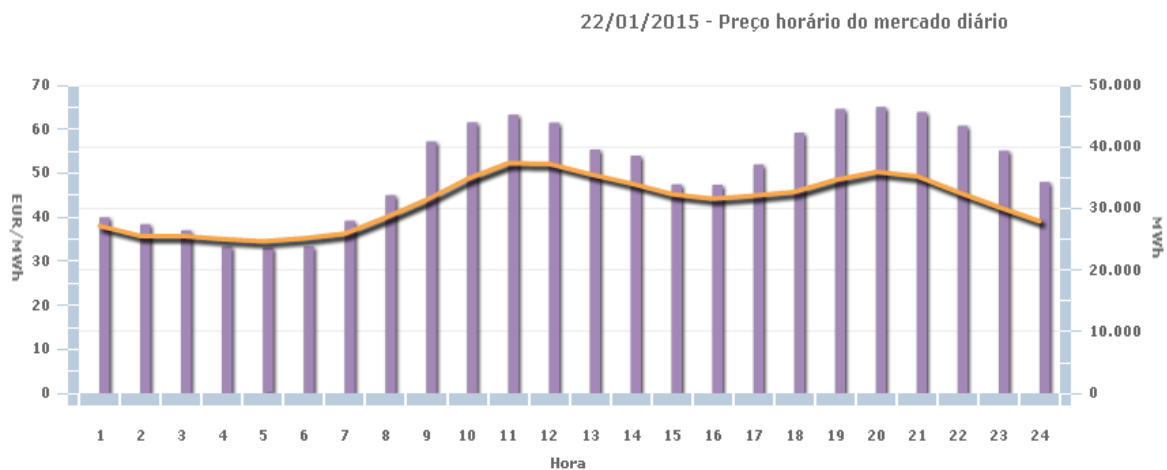


Figura 35 - Preços de energia para o dia 22/01/2015 (OMIE)

A figura 36 demonstra a diferença que existe sem e com a tarifa indexada para o dia 22-05-2015, onde é possível verificar que o custo total para esse dia foi de 2,50 € para a tarifa tri-horário e de 2,48 € com a tarifa indexada, mantendo o mesmo diagrama de cargas.

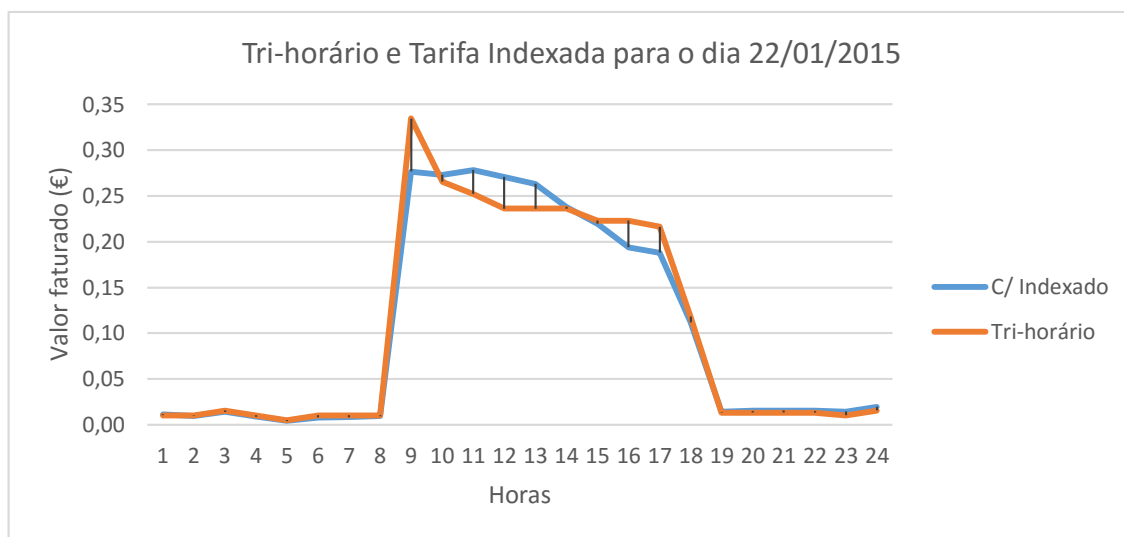


Figura 36 - Tri-horário e Tarifa indexada para o dia 22/01/2015

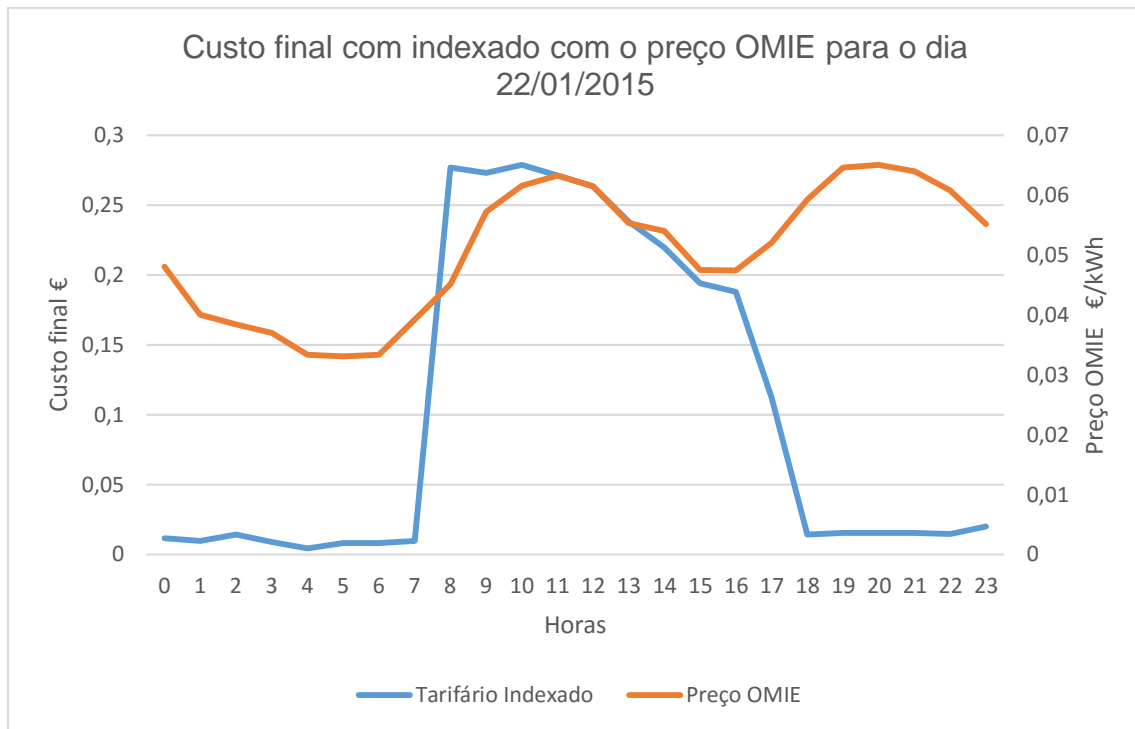
#### 4.3.2. IMPLEMENTAÇÃO DOS CENÁRIOS COM O TARIFÁRIO INDEXADO

Na sequência de transferência de carga, realizaram-se 4 cenários que estão representados na tabela 22, em torno de uma melhor prestação tanto financeira como de conforto, sabendo que a hora de abertura é às 8h e de fecho às 19h.

Tabela 22 – Cenários propostos

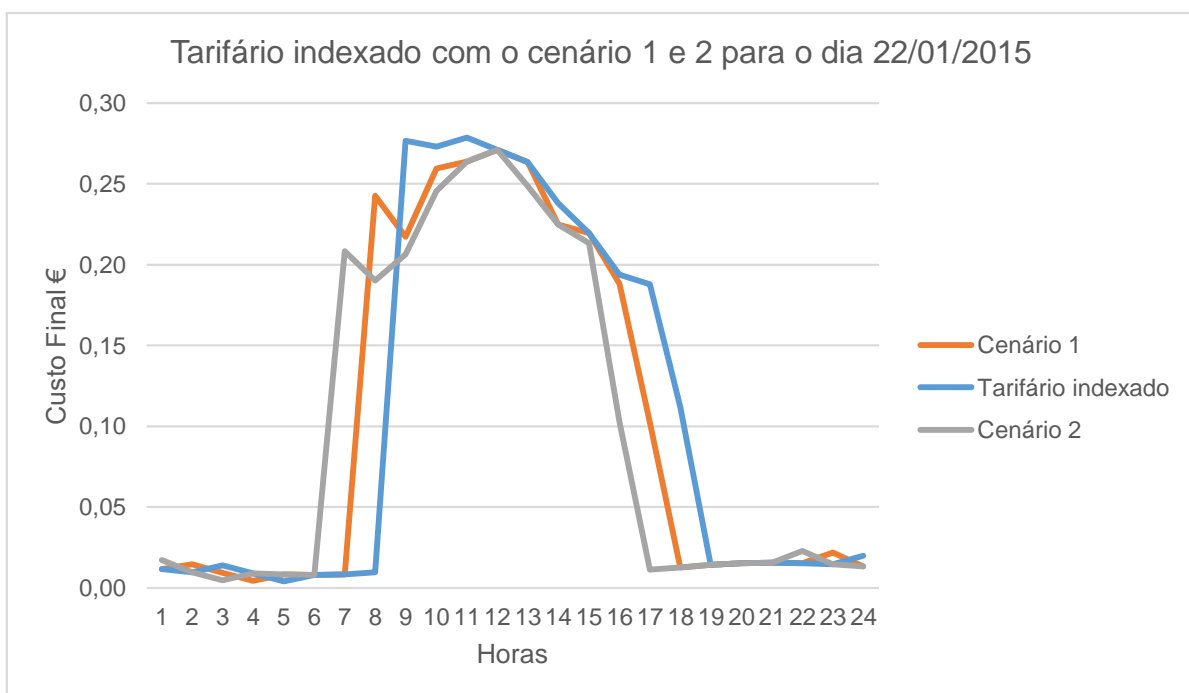
Cenário 1	Ligar às 7h, 1h antes da abertura do banco
Cenário 2	Ligar às 6h, 2h antes da abertura do banco
Cenário 3	Ligar às 6h e desligar às 19h, mantendo o sistema de Avac desligado fora desse horário
Cenário 4	Ligar das 6h às 10h, e das 13h às 18h, mantendo o sistema de AVAC desligado fora desse horário.

Na figura 37 é apresentado o valor faturado com o tarifário indexado e preço OMIE para o dia 22/01/2015. Sabemos que a linha azul é o consumo já com o custo final do sistema AVAC e a linha laranja é o preço praticado desse dia. De acordo com a figura, a ideia é mudar o maior consumo para as horas em que o custo da energia seja o menor possível, de modo a manter sempre uma temperatura agradável para os colaboradores e clientes, como já foi dito anteriormente.



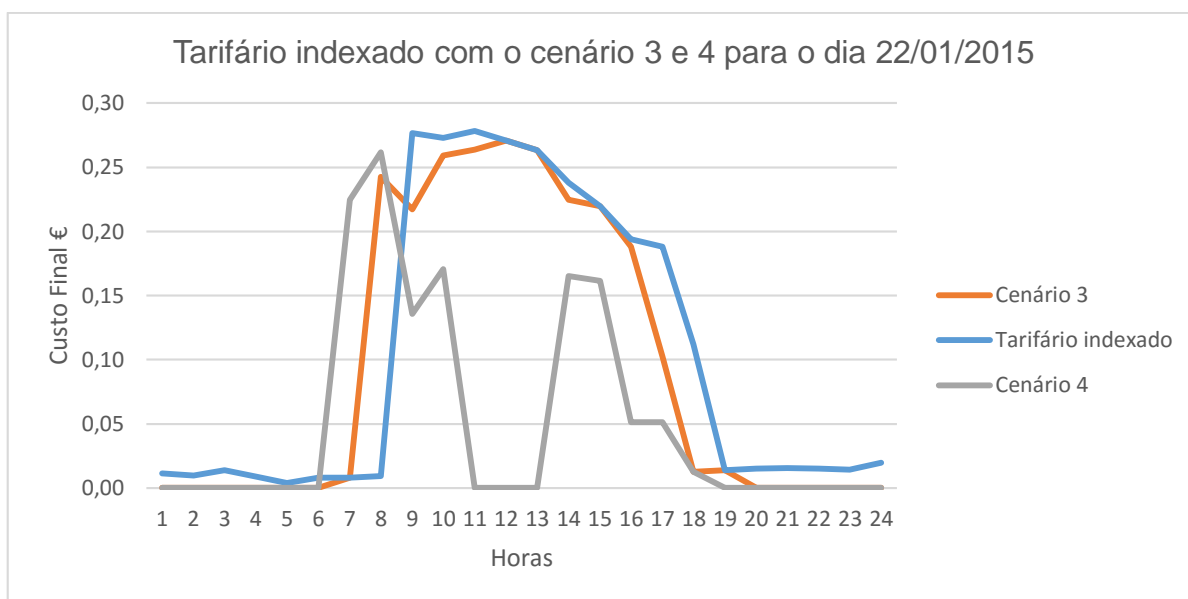
**Figura 37 - O custo de energia com indexado e preço OMIE para o dia 22/01/2015**

Devemos ter em conta que a área de consumo para o cenário 1 e 2 é exatamente a mesma, só vai diferir a hora em que o sistema de AVAC começa a funcionar. A ideia fulcral é o momento de arranque ser numa hora em que o preço de energia seja o mais barato possível. Na figura 38 temos representado o consumo real, com o cenário 1 e cenário 2, em que liga 1h antes e 2h antes do horário de funcionamento, respetivamente.



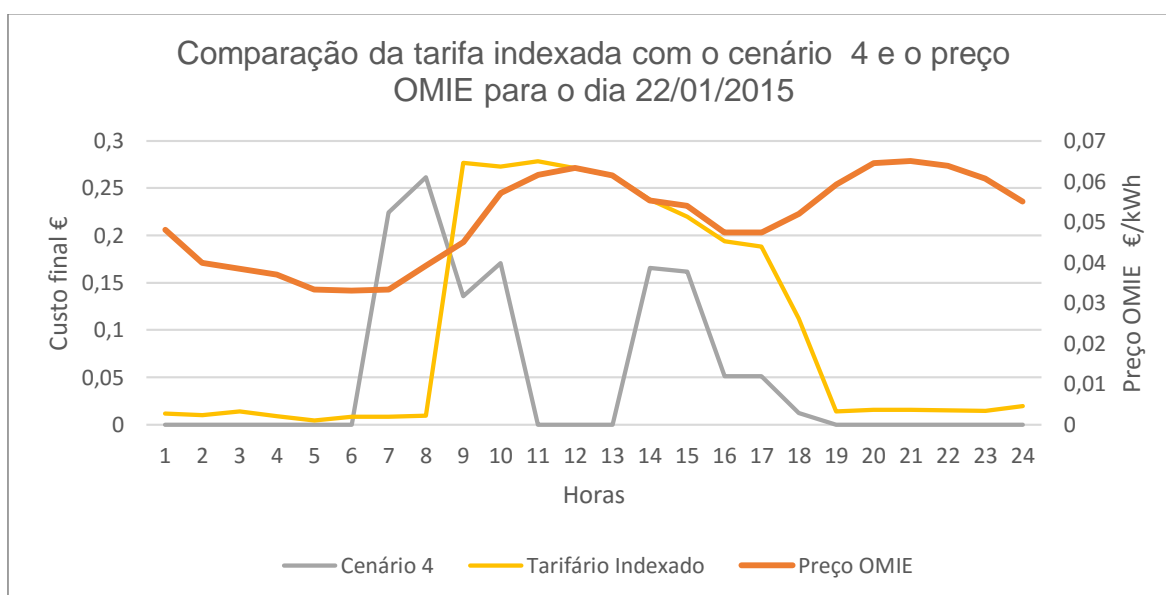
**Figura 38 – Tarifa indexada com o cenário 1 e 2 para o dia 22/01/2015**

Na figura 39 temos representado o consumo que realmente aconteceu, com o cenário 3 e o cenário 4, em que a área de consumo vai variar de forma a não se manter ligado nas horas em que a agência bancária está fechada, ou nas horas em que a energia é bastante cara, respetivamente.



**Figura 39 – Tarifário indexado com o cenário 3 e 4 para o dia 22/01/2015**

Na figura 40 Está representado o cenário 4, o consumo que realmente aconteceu e o preço de energia elétrica OMIE. O cenário escolhido como ideal foi o cenário 4, em que obtivemos uma poupança significativa, mas para obter essa poupança foi preciso variar a área de consumo, e para que isto realmente funcione é preciso respeitar o horário de funcionamento do sistema de AVAC. Pela figura conseguimos visualizar que o sistema de AVAC foi desligado nas horas em que a energia foi mais cara e o arranque foi mais cedo de forma a “fugir” mais uma vez ao preço elevado de energia.



**Figura 40 - Cenário perfeito com o cenário real e preço de energia**

### 4.3.3. ANÁLISE ECONÓMICA FINANCEIRA PARA O ESTUDO DO BANCO CESAR

Analisando a figura 41 conseguimos saber que, se fosse aplicado qualquer método, iria ser possível obter uma poupança para o dia 22/01/2015. Dos cenários 1 ao 4 onde foi aplicado o *Smart Pricing*, é visível uma poupança significativa ou conseguimos passar de 1 % (tarifário indexado) para 51 % (cenário 4).

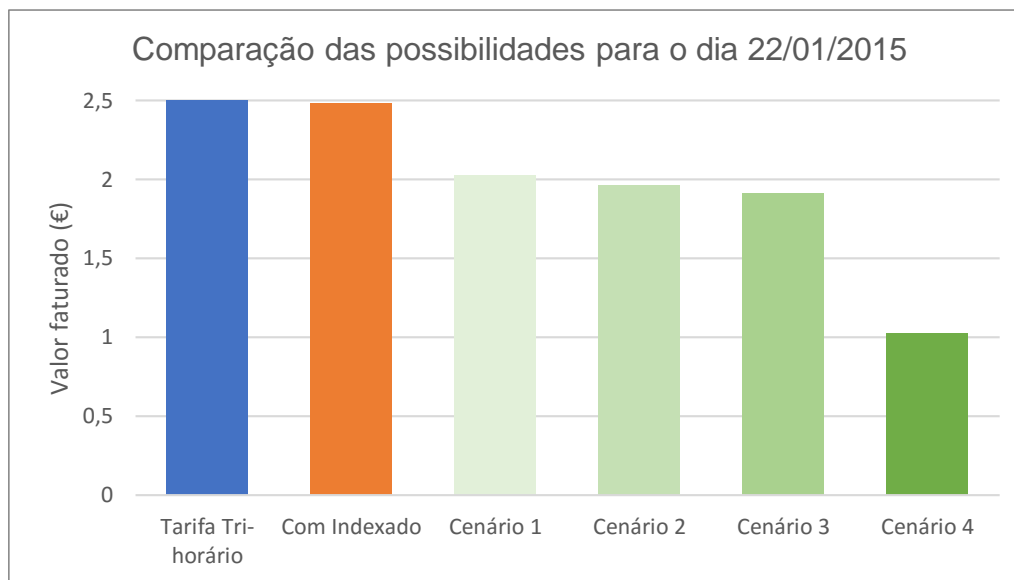


Figura 41 - Poupança relativa ao tarifário tri-horário do dia 22/01/2015

Tabela 23 - Custo dos cenários com a respetiva poupança para o dia 22/01/2015

	Custo do dia	Poupança relativamente a tarifa tri-horário
Tarifa Tri-Horário	2,5038 €	-----
Cenário com o tarifário indexado	2,4830 €	1 %
Cenário 1	2,4245 €	3 %
Cenário 2	2,3510 €	6 %
Cenário 3	2,2875 €	9 %
Cenário 4	1,2345 €	51 %

Conclui-se pela tabela 24 que o cenário mais vantajoso é o cenário 4, com uma poupança de 51 %. Este é um dos cenários mais desafiantes de se concretizar, mas factível, capaz de se conseguir uma poupança anual de cerca de 463 € se o consumo for idêntico ao do dia 22/01/2015, e respeitando o horário de funcionamento do sistema de AVAC que foi proposto.

**Tabela 24 - Custo final para os vários cenários para o dia 22/01/2015**

DATA: 22 (quinta-feira) de janeiro de 2015					
Horas	Tarifário indexado	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
0 h	0,0115 €	0,0115 €	0,0173 €	0 €	0 €
1 h	0,0097 €	0,0145 €	0,0097 €	0 €	0 €
2 h	0,0140 €	0,0093 €	0,0047 €	0 €	0 €
3 h	0,0090 €	0,0045 €	0,0090 €	0 €	0 €
4 h	0,0041 €	0,0082 €	0,0082 €	0 €	0 €
5 h	0,0081 €	0,0081 €	0,0081 €	0 €	0 €
6 h	0,0082 €	0,0082 €	0,2082 €	0,0082 €	0,225 €
7 h	0,0095 €	0,2426 €	0,1903 €	0,2426 €	0,262 €
8 h	0,2768 €	0,2171 €	0,2063 €	0,2171 €	0,136 €
9 h	0,2731 €	0,2594 €	0,2458 €	0,2594 €	0,171 €
10 h	0,2785 €	0,2639 €	0,2639 €	0,2639 €	0 €
11 h	0,2709 €	0,2709 €	0,2709 €	0,2709 €	0 €
12 h	0,2634 €	0,2634 €	0,2488 €	0,2634 €	0 €
13 h	0,2381 €	0,2249 €	0,2249 €	0,2249 €	0,165 €
14 h	0,2197 €	0,2197 €	0,2132 €	0,2197 €	0,162 €
15 h	0,1939 €	0,1882 €	0,1027 €	0,1882 €	0,051 €
16 h	0,1880 €	0,1025 €	0,0114 €	0,1025 €	0,051 €
17 h	0,1121 €	0,0125 €	0,0125 €	0,0125 €	0,012 €
18 h	0,0141 €	0,0141 €	0,0141 €	0,0141 €	0 €
19 h	0,0153 €	0,0153 €	0,0153 €	0 €	0 €
20 h	0,0154 €	0,0154 €	0,0154 €	0 €	0 €
21 h	0,0152 €	0,0152 €	0,0228 €	0 €	0 €
22 h	0,0145 €	0,0217 €	0,0145 €	0 €	0 €
23 h	0,0198 €	0,0132 €	0,0132 €	0 €	0 €
TOTAL	2,4830 €	2,4245 €	2,3510 €	2,2874 €	1,2345 €

Na tabela 23 está demonstrado o custo que era possível conseguir para o dia 22/01/2015, do ponto de vista do tarifário indexado como dos 4 cenários.



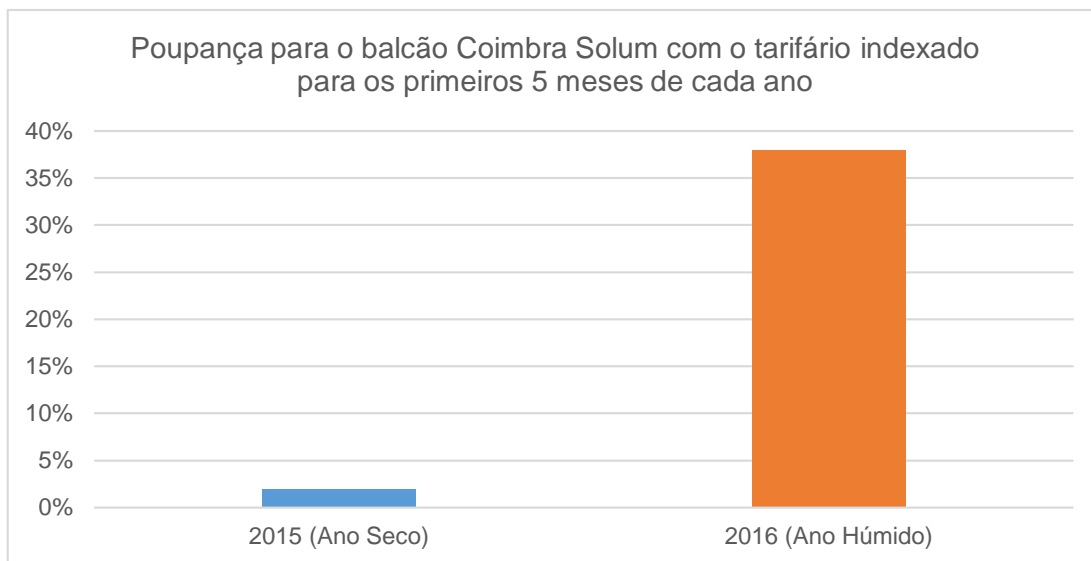
## 5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Em relação ao mercado liberalizado, a experiência Portuguesa sugere que, sendo um mercado pequeno, o melhor caminho para a eficiência global é participar na integração regional com os países vizinhos. Relativamente a isto, importa saber se o país vizinho apresenta um mercado competitivo, preferencialmente com um custo menor.

Os objetivos da presente dissertação incluíam também o estudo do impacto da otimização de consumos de energia elétrica, segundo uma tarifa indexada ao mercado spot do MIBEL, para consumidores empresariais. Na elaboração deste estudo foi pedido à empresa VPS, com parceria com a empresa Energia Simples, que se disponibilizasse a ceder todos os consumos e respetivo perfil de trabalho, para que fosse possível estudar o seu perfil de consumo de eletricidade e, posteriormente, otimizar os consumos desses balcões do Banco Popular de Portugal, aplicando o tarifário indexado e *Smart Pricing*.

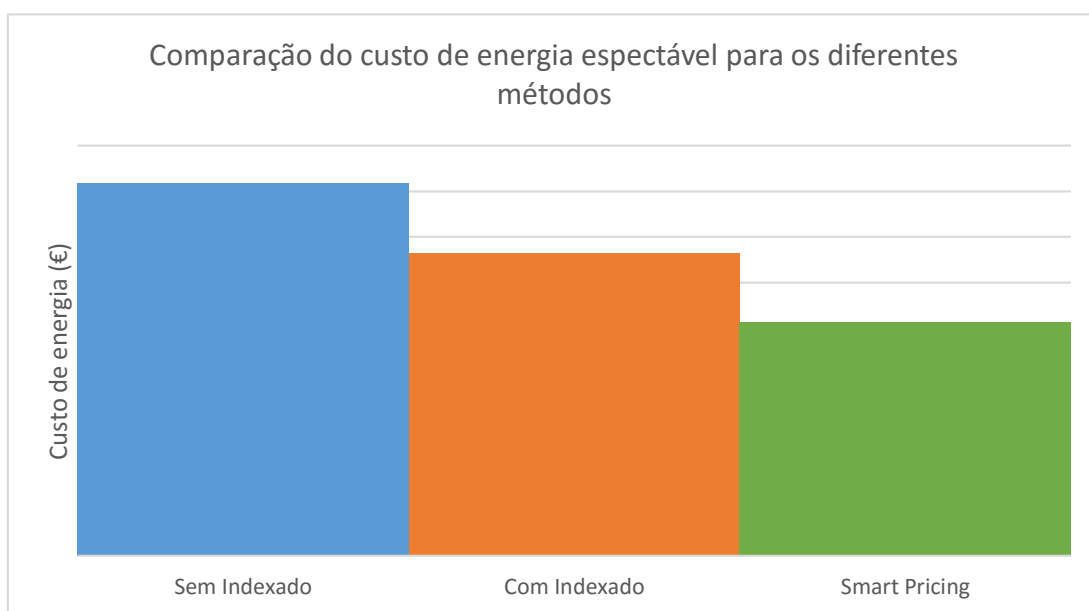
As simulações foram realizadas através do programa EXCEL. Este foi um trabalho moroso devido à grande quantidade de dados e devido à necessidade do seu tratamento estatístico. Ao contrário das tarifas fixas, em que o preço da energia ativa tem a mesma fórmula de cálculo para qualquer comercializador, nas tarifas indexadas cada comercializador tem a sua formulação matemática, tornando-se necessário perceber as variáveis envolvidas no cálculo e os respetivos preços de energia diários para cada hora. Começou-se pela simulação das tarifas fixas que as agências apresentavam, com o intuito de verificar o que traduzia mais poupanças na fatura elétrica. Desta forma, de acordo com as simulações realizadas, houve casos em que o ano 2015 foi um “ano mau”, ou seja, a tarifa indexada não foi vantajosa, mas no ano 2016 conseguiu-se uma poupança considerável.

Isto pode-se observar na figura 42, em que para o balcão de Coimbra Solum, em 2015 se conseguiu uma poupança de 2% nos primeiros 5 meses, comparativamente a uma poupança de 38% para os primeiros 5 meses do ano 2016.



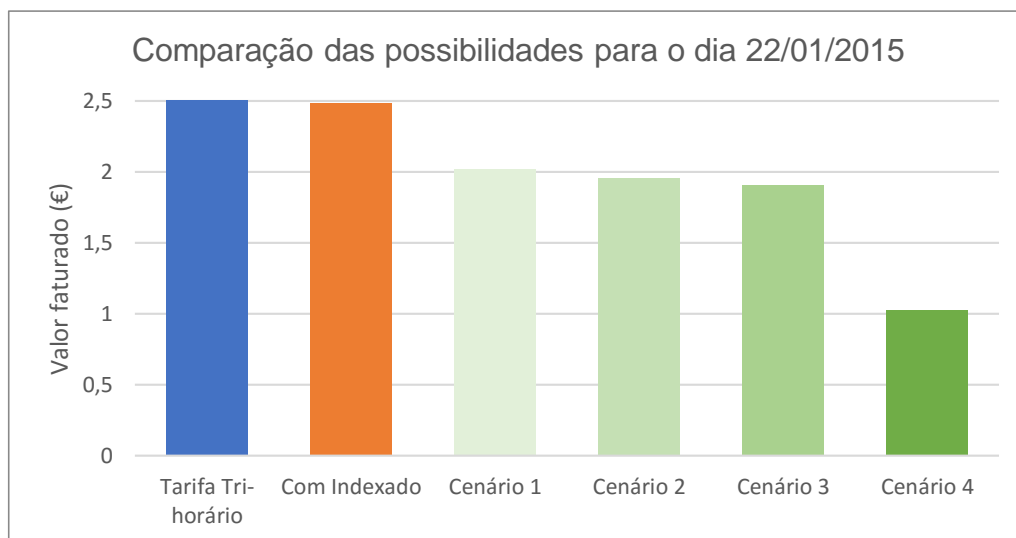
**Figura 42 - Poupança para o balcão Coimbra Solum com o tarifário indexado para os primeiros 5 meses de cada ano**

Segundo a análise realizada, concluiu-se que a tarifa indexada apresenta poupanças significativas, mas apenas se não for um ano seco como o ano 2015. No entanto, tem de se ter em conta que, na tarifa indexada, está pressuposta a aceitação de mudanças frequentes dos preços de mercado, que tanto pode trazer poupanças como acarretar custos acrescidos. No início desta dissertação um dos objetivos era mostrar que o *Smart Pricing* era mais vantajoso que o tarifário indexado (ver figura 43).



**Figura 43 - Comparação do custo de energia espectável para os diferentes métodos**

Ao aplicarmos o método *Smart Pricing*, que engloba o tarifário indexado e a gestão de procura, conseguimos sempre poupanças significativas tanto para um ano húmido como para um ano seco. O objetivo foi atingido, tal como mostra a figura 44, onde foram aplicados 4 cenários *Smart Pricing*.



**Figura 44 - Poupança relativa ao tarifário tri-horário do dia 22/01/2015**

Concluiu-se que num “ano bom”, nos primeiros 5 meses é que se obtêm, em média, preços de mercado mais baixos, e, portanto, é também nesse período que se consegue obter uma maior poupança. O que se aconselha aos consumidores empresariais é tentarem negociar os contratos nos primeiros meses, porque a previsão dos preços futuros é mais credível. Também é igualmente importante que os consumidores com tarifa indexada respeitem e adaptem os seus consumos, de maneira aproveitar os preços baixos de energia elétrica. A energia no mercado é um produto que não se consegue armazenar, tem de ser produzido e consumido. Resumindo, as tarifas indexadas poderão levar à melhoria da poupança energética. No entanto, estas devem ser acompanhadas da possibilidade e flexibilidade da alteração dos consumos, caso contrário, o risco da tarifa indexada é mais elevado face à tarifa fixa, devido à grande imprevisibilidade dos preços do mercado.

Conclui-se assim que, num futuro próximo, vão ser criados novos tarifários e poderá ser definido um tarifário indexado juntamente com um tarifário fixo, de forma a que o consumidor tenha liberdade para obter o maior aproveitamento possível, quer seja um “ano bom” ou um “ano mau”, mas para que isto seja possível é necessária a instalação de contadores inteligentes com ligação à internet. O balanço final do trabalho desenvolvido durante esta dissertação foi extremamente positivo, pois permitiu integrar vários conceitos. Num futuro próximo vai ser implementada a tarifa indexada nos bancos populares de Portugal, bem como num bairro de Coimbra com 10 a 15 moradias, sendo este considerado um conceito inovador da autoria da empresa Energia Simples. Por outro lado, o sistema desenvolvido relativamente ao plano indexado de momento só é aplicável a empresas, mas vai permitir alcançar o conceito da gestão de energia.

## Trabalhos futuros

A concretização desta tese permitiu perceber a importância da aplicação de medidas para gerir melhor o consumo de energia, sendo a gestão da procura fundamental no princípio da poupança. Para que isso seja possível, é de salientar a necessidade de incentivar os consumidores para a gestão de energia, e o desenvolvimento das tecnologias para uma melhor gestão dos recursos, como:

- ✓ Substituição dos contadores tradicionais por contadores inteligentes, de maneira a que o utilizador seja informado em tempo real do seu consumo energético e de ideias para poder gerir as cargas consoante os períodos tarifários.
- ✓ - Uma maior adesão por parte dos consumidores de energia à tarifa bi-horário, para que haja transferência de consumos de energia entre os períodos de cheia e vazio, conseguindo desta forma uma maior uniformização da procura de energia elétrica e melhores padrões de consumo.
- ✓ - A formação contínua dos utilizadores de energia elétrica, para que haja uma maior eficiência energética e uma utilização racional dos recursos energéticos.

Seria relevante realizar um estudo sobre as tarifas indexadas para os consumidores domésticos, criar uma previsão do preço de energia no mercado diário com um horizonte mais alargado, realizar uma simulação dinâmica que optimize o consumo ou que consiga deslocar os consumos, analisar a interação entre as tarifas indexadas e o autoconsumo e, por fim, criar tarifários variáveis que englobem o tarifário fixo e a tarifa indexada.

Concluindo, **“sem fazer eficiência, sem reduzir os consumos, consigo reduzir a fatura”**.

## Referências

- [1] P. Khajavi, H. Abniki, and A. B. Arani, "The role of incentive based Demand Response programs in smart grid," in 2011 10th International Conference on Environment and Electrical Engineering, 2011, pp. 1–4.
- [2] P. Khajavi, H. Abniki, and A. B. Arani, "The role of incentive based Demand Response programs in smart grid," in 2011 10th International Conference on Environment and Electrical Engineering, 2011, pp. 1–4.
- [3] "Energia Simples quer funcionar como um banco no mercado da eletricidade"  
Disponível: <http://www.ambienteonline.pt/canal/detalhe/energiasimples>  
[consultado em maio de 2016].
- [4] OMIP - Disponível: <http://www.omip.pt> [consultado em maio de 2016].
- [5] ERSE - Disponível: <http://www.erse.pt> [consultado em maio de 2016].
- [6] OMIE - Disponível: <http://www.omie.es/files/flash/ResultadosMercado.pt> [consultado em maio de 2016].
- [7] B. Santosa, "Dynamic Pricing in Electricity: Research Potential in Indonesia," *Procedia Manuf.*, vol. 4, pp. 300–306, 2015.
- [8] Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, "Introdução de Tarifas Dinâmicas no Acesso às Redes," 2014.
- [9] S. Borestein, M. Jaske, and A. Rosenfeld, "Dynamic Pricing, Advanced Metering, and Demand Response in Electricity Markets," eScholarship Repository, University of California, 2002. [Online]. Available:  
[http://sites.energetics.com/MADRI/toolbox/pdfs/vision/dynamic\\_pricing.pdf](http://sites.energetics.com/MADRI/toolbox/pdfs/vision/dynamic_pricing.pdf). [Accessed: 22-Feb-2016].
- [10] R. Sundaram B. and S. K. Vasudevan, "Smart Meter Based on Real Time Pricing," *Procedia Technol.*, vol. 21, pp. 120–124, 2015.
- [11] H. Allcott, "Rethinking real-time electricity pricing," *Resour. Energy Econ.*, vol. 33, no. 4, pp. 820–842, Nov. 2011.
- [12] J. Stromback, C. Dromacque, and M. H. Yassin, "The potential of smart meter enabled programs to increase energy and systems efficiency: a mass pilot comparison," *VaasaETT - Global Energy Think Tank*, 2011. [Online]. Available:  
[http://esmig.eu/sites/default/files/2011.10.12\\_empower\\_demand\\_report\\_final.pdf](http://esmig.eu/sites/default/files/2011.10.12_empower_demand_report_final.pdf). [Accessed: 22-Feb-2016].
- [13] G. R. Newsham and B. G. Bowker, "The effect of utility time-varying pricing and load control strategies on residential summer peak electricity use: A review," *Energy Policy*, vol. 38, no. 7, pp. 3289–3296, Jul. 2010.
- [14] A. Faruqui and J. R. Malko, "The residential demand for electricity by time-of-use: A survey of twelve experiments with peak load pricing," *Energy*, vol. 8, no. 10, pp. 781–795, Oct. 1983.
- [15] Ipsos MORI, "Consumer Experiences Of Time of Use Tariffs," 2012. [Online]. Available:  
<https://www.ipsos-mori.com/researchpublications/publications/1506/Consumer->

- Experiences-Of-Time-of-Use-Tariffs.aspx. [consultado em maio de 2016].
- [16] J. Torriti, “Price-based demand side management: Assessing the impacts of time-of-use tariffs on residential electricity demand and peak shifting in Northern Italy,” *Energy*, vol. 44, no. 1, pp. 576–583, Aug. 2012.
- [17] Disponível: <http://www.energiasimples.pt/planosbase.php?acao=base> [consultado em maio de 2016]
- [18] Disponível: <http://phenergia.gesenergy.pt/gesenergy/> [consultado em maio de 2016]
- [19] Disponível: <http://kisense.pt/explorer/normal> [consultado em maio de 2016]
- [20] Disponível:[http://www.mastervantagem.com/es/electricidad\\_\\_tarifa\\_index](http://www.mastervantagem.com/es/electricidad__tarifa_index) [consultado em maio de 2016]
- [21] Disponível: <http://www.tarifaindexada.com> [consultado em maio de 2016]
- [22] Disponível:<http://www.mibel.com/index.php?mod=pags&mem=detalle&relmenu40&relcategoria=101&idpag=28&lang=pt> [consultado em maio de 2016]
- [23] J.P. Tomé Saraiva; J.L.P. Pereira da Siva; M.T. Ponce de Leão, *Mercados de Eletricidade – Regulação e Tarifação de Uso das Redes*, 1ª ed., 2002
- [24] ERSE – [www.erse.pt/pt/supervisãodemercados/mercadoeelectricidade/contratacao](http://www.erse.pt/pt/supervisãodemercados/mercadoeelectricidade/contratacao) [consultado em junho de 2016]
- [25] OMIE – [www.omie.es/pt/principal/mercados-e-produtos/mercado-da-eletricidade/](http://www.omie.es/pt/principal/mercados-e-produtos/mercado-da-eletricidade/) os-nossos -mercados-de-eletricidade/mercado-in [consultado em junho de 2016]
- [26] U.S. Department of Energy, “The Potential Benefits of Distributed Generation and Rate-Related Issues That May Impede Their Expansion”, 2007. <https://www.ferc.gov/legal/fed-sta/exp-study.pdf> [consultado em junho de 2016]
- [27] S. Mukhopadhyay and B. Singh, “Distributed Generation – Basic policy, perspective planning, and achievement so far in India”, 2009 IEEE Power & Energy Society General Meeting. [Consultado em junho de 2016]
- [28] “Discussion on advantages and disadvantages of distributed generation connected to the grid”, 2011 International Conference on Electrical and Control Engineering.
- [29] M. S. Majid, and H. Abdul Rahman, “Optimal distributed renewable generation planning: A review of different approaches”, 2013 *Renew. Sustain. Energy*.
- [30] E. Karatepe and F.Ugranli, “Multiple-distributed generation planning under load uncertainty and different penetration levels”, 2013 *Electr. Power Energy Syst.*
- [31] “Centralized or Distributed? It’s Not Necessarily Either/Or”, 2015.
- [32] V.M.M. Preto, “Redes de distribuição ativas”, 2012.
- [33] “Gestão Ativa da Procura”, 2016, FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. <http://paginas.fe.up.pt/~ee05120> [consultado em junho de 2016]
- [34] Vaasa Global Energy Think Tank, “Why Customers Want Smar Pricing: Tweaking Psychology to make Consumer Smart Pricing More Desirable than Fixes or Flat Pricing, 2012, Dr. Philip E. Lewis
- [35] REN: <http://www.mercado.ren.pt/PT/Electr/InfoMercado> [consultado em junho de 2016]



## Anexo A. Tarifas de Acesso às Redes, ano 2016

A tabela 25 mostra as tarifas de acesso às redes em MAT, que estão em vigor desde 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2016.

**Tabela 25 - Tarifas de Acesso às Redes em MAT, em 2016 [ERSE]**

Tarifas de Acesso às Redes em MAT		Preços	
Potência		(€/kW. mês)	(€/kW. dia)
Horas de Ponta		1,295	0,0425
Contrata		0,596	0,0195
Energia Ativa		(€/kWh)	
Períodos I, IV	Horas de Ponta	0,0281	
	Horas Cheias	0,0244	
	Horas de Vazio Normal	0,0170	
	Horas de Super Vazio	0,0169	
Períodos II, III	Horas de Ponta	0,0281	
	Horas Cheias	0,0244	
	Horas de Vazio Normal	0,0170	
	Horas de Super Vazio	0,0169	
Energia Reativa		(€/kVArh)	
Fornecida		0,0255	
Recebida		0,0191	

A tabela 26 mostra as tarifas de acesso às redes em AT, que estão em vigor desde 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2016.

**Tabela 26 - Tarifas de Acesso às Redes em AT, em 2016 [ERSE]**

Tarifas de Acesso às Redes em AT		Preços	
Potência		(€/kW. mês)	(€/kW. dia)
Horas de Ponta		3,532	0,1158
Contrata		0,509	0,0167
Energia Ativa		(€/kWh)	
Períodos I, IV	Horas de Ponta	0,0330	
	Horas Cheias	0,0285	
	Horas de Vazio Normal	0,0188	
	Horas de Super Vazio	0,0184	
Períodos II, III	Horas de Ponta	0,0328	
	Horas Cheias	0,0285	
	Horas de Vazio Normal	0,0188	
	Horas de Super Vazio	0,0186	
Energia Reativa		(€/kVArh)	
Fornecida		0,0255	
Recebida		0,0191	

A tabela 27 mostra as tarifas de acesso às redes em MT, que estão em vigor desde 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2016.

**Tabela 27 - Tarifas de Acesso às Redes em MT, em 2016 [ERSE]**

Tarifas de Acesso às Redes em MT		Preços	
Potência		(€/kW. mês)	(€/kW. dia)
	Horas de Ponta	6,902	0,2263
	Contrata	0,977	0,0320
Energia Ativa		(€/kWh)	
Períodos I, IV	Horas de Ponta	0,0473	
	Horas Cheias	0,0409	
	Horas de Vazio Normal	0,0225	
	Horas de Super Vazio	0,0217	
Períodos II, III	Horas de Ponta	0,0470	
	Horas Cheias	0,0406	
	Horas de Vazio Normal	0,0224	
	Horas de Super Vazio	0,0219	
Energia Reativa		(€/kVArh)	
	Fornecida	0,0277	
	Recebida	0,0208	

A tabela 28 mostra as tarifas de acesso às redes em BTE, que estão em vigor desde 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2016.

**Tabela 28 - Tarifas de Acesso às Redes em BTE, em 2016 [ERSE]**

Tarifas de Acesso às Redes em BTE		Preços	
Potência		(€/kW. mês)	(€/kW.dia)
	Horas de Ponta	17,728	0,5812
	Contrata	1,172	0,0384
Energia Ativa		(€/kWh)	
	Horas de Ponta	0,0663	
	Horas Cheias	0,0573	
	Horas de Vazio Normal	0,0298	
	Horas de Super Vazio	0,0273	
Energia Reativa		(€/kVArh)	
	Fornecida	0,0277	
	Recebida	0,0208	

A tabela 29 mostra as tarifas de acesso às redes em BTN cuja potência contratada seja superior a 20,7 kVA, que estão em vigor desde 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2016.

**Tabela 29 - TAR em BTN para PC superior a 20,7 kVA, em 2016 [ERSE]**

Tarifas de Acesso às Redes em BTN (>20,7 kVA)		Preços	
Potência		(€/mês)	(€/dia)
	27,6	32,35	1,0606
	34,5	40,43	1,3257
	41,4	48,52	1,5908
Energia Ativa		(€/kWh)	
	Horas de Ponta	0,2238	
	Horas Cheias	0,0736	
	Horas de Vazio	0,0183	

A tabela 30 mostra as tarifas de acesso às redes em BTN cuja potência contratada seja igual ou inferior a 20,7 kVA, que estão em vigor desde 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2016.

**Tabela 30 – Tarifas de Acesso às Redes em Baixa Tensão Normal para Potência Contratada igual ou inferior a 20,7 kVA, em 2016 [ERSE]**

Tarifas de Acesso às Redes em BTN (<=20,7 kVA)		Preços	
Potência		(€/mês)	(€/dia)
	1,15	1,35	0,0442
	2,3	2,70	0,0884
	3,45	4,04	0,1326
	4,6	5,39	0,1768
	5,75	6,74	0,2210
	6,9	8,09	0,2651
	10,35	12,13	0,3977
	13,8	16,17	0,5303
	17,25	20,22	0,6629
	20,7	24,26	0,7954
Energia Ativa		(€/kWh)	
Tarifa Simples		0,0976	
Tarifa Bi-horária	Horas Fora de Vazio	0,1339	
	Horas de Vazio	0,0403	
Tarifa Tri-horária	Hora Ponta	0,2525	
	Hora Cheia	0,0989	
	Hora Vazio	0,0403	

A tabela 31 mostra as tarifas de acesso às redes em BTN com clientes com tarifa social atribuída cuja potência contratada seja igual ou inferior a 6,9 kVA, que estão em vigor desde 1 de janeiro a 31 de dezembro de 2016.

**Tabela 31 – Tarifas Acesso às Redes em Baixa Tensão Normal Social para Potência Contratada igual ou inferior a 6,9 kVA, em 2016 [ERSE]**

Tarifas de Acesso às Redes em BTN Social (<=6,9 kVA)		Preços	
Potência		(€/mês)	(€/dia)
	1,15	0,00	0,0000
	2,3	0,00	0,0000
	3,45	0,00	0,0000
	4,6	0,00	0,0000
	5,75	0,00	0,0000
	6,9	0,00	0,0000
Energia Ativa		(€/kWh)	
Tarifa Simples		0,0976	
Tarifa Bi-horária	Horas Fora de Vazio	0,1339	
	Horas de Vazio	0,0403	
Tarifa Tri-horária	Hora Ponta	0,2525	
	Hora Cheia	0,0989	
	Hora Vazio	0,0403	