

DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA DE APOIO AO DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICO EM AMBIENTE DOMÉSTICO

LUÍS FILIPE DA SILVA SANTOS

Novembro de 2015

DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA DE APOIO AO DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICO EM AMBIENTE DOMÉSTICO

Luís Filipe da Silva Santos



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Área de Especialização em Sistemas e Planeamento Industrial

2015

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de
Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Candidato: Luís Filipe da Silva Santos, N.º 1100144, 1100144@isep.ipp.pt

Orientação científica: Roque Filipe Mesquita Brandão, rfb@isep.ipp.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Área de Especialização em Sistemas e Planeamento Industrial

2015

Agradecimentos

A realização deste trabalho só foi possível com a ajuda e apoio de diversas pessoas, desta forma, pretendo deixar-lhes aqui o meu sincero agradecimento.

Em primeiro lugar agradeço ao meu orientador, o professor doutor Roque Filipe Mesquita Brandão, pela sua ajuda, orientação, apoio e cooperação. A sua experiência e o seu conhecimento foram muito importantes para a execução deste projeto. Agradeço a sua disponibilidade e interesse demonstrado desde o primeiro momento.

Agradeço à minha família e à minha namorada pelo apoio nestes anos de licenciatura e mestrado, por acreditarem em mim e por me apoiarem em todos os momentos desta etapa da minha vida.

Agradeço aos meus colegas e amigos que me acompanharam nestes últimos anos, com quem tive oportunidade de aprender e privar. Agradeço ainda a todos os professores que de alguma forma contribuíram para a conclusão desta etapa académica.

Resumo

Nos últimos anos, tem-se assistido a uma maior preocupação com o meio ambiente, a atual conjuntura mundial está cada vez mais direcionada para a eficiência energética e para a utilização de fontes de energias renováveis. Os principais governos mundiais, incluindo o português, já perceberam a necessidade de enveredar por esse caminho e nesse sentido aplicam medidas que direcionam e consciencializam a população para a eficiência energética e para as energias renováveis.

Em Portugal, o setor das energias renováveis assume atualmente uma posição de extrema importância, resultante da expressão que governo português tem vindo a implementar no panorama energético nacional, da qual resulta uma importante contribuição para o desenvolvimento económico, na criação de riqueza e geração de emprego. Neste contexto, e no caso particular da energia fotovoltaica têm sido implementadas medidas que incentivam a aposta nesta tecnologia, prova disso é o Decreto-Lei n.º 153/2014 aprovado em conselho de ministros em Setembro de 2014, que promove essencialmente o autoconsumo.

O autoconsumo consiste na utilização de painéis fotovoltaicos para produção de energia elétrica para consumo próprio com ou sem recurso a equipamentos de acumulação. Em termos práticos, este sistema permite que os consumidores produzam a sua própria energia através de uma fonte renovável ao invés de adquirir essa energia na rede elétrica de serviço público.

As políticas de incentivo ao autoconsumo proporcionam uma oportunidade para os consumidores interessados em investir na produção da própria energia elétrica, neste sentido e de forma a ajudar no dimensionamento de unidades de produção de autoconsumo foi desenvolvida, no âmbito desta tese, uma ferramenta de apoio ao dimensionamento de sistemas de autoconsumo fotovoltaico sem acumulação em ambiente doméstico, com o objetivo de estimar as necessidades de potência fotovoltaica a instalar em habitações de baixa tensão normal.

Na base da construção desta ferramenta estiveram essencialmente os perfis de consumo, aprovados pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, de todos os clientes finais

que não dispõem de equipamento de medição com registo de consumos e também a estimativa de produção fotovoltaica desenvolvida pelo Centro Comum de Investigação da Comissão Europeia.

A aplicação desenvolvida tem como principal funcionalidade proporcionar ao utilizador o dimensionamento de unidades de produção de autoconsumo fotovoltaico, mediante a introdução de alguns dados tais como o distrito, a potência contratada, a tarifa e o consumo energético anual. Esta aplicação apresenta resultados relativos ao dimensionamento do sistema, como é o caso da potência a instalar e da estimativa de produção fotovoltaica anual, e resultados relativos à análise económica do sistema como é o caso do valor atual líquido, da taxa interna de rentabilidade e do *payback* do investimento.

Palavras-Chave

Autoconsumo, fotovoltaico, energias renováveis, perfis de consumo.

Abstract

Over the last few years we have seen greater concern with the environment, the current world situation is increasingly directed to energy efficiency and the use of renewable energy sources. The world's leading governments, including the Portuguese, have realized the need to go in this direction applying measures that drive and rise the population's consciousness for energy efficiency and renewable energy.

In Portugal, the renewable energy sector currently takes a position of utmost importance, result of the expression that the Portuguese government has been implementing in the national energy panorama, which shows an important contribution to economic development, to increase wealth and employment creation. In this context, and in the particular case of photovoltaic have been implemented measures to encourage the betting on this technology, proof of this is Decree-Law No. 153/2014 approved by the Council of Ministers in September 2014, which essentially promotes photovoltaic self-consumption.

The photovoltaic self-consumption consists of using photovoltaic panels to produce electricity for own consumption with or without an accumulation equipment. In practical terms, this system allows consumers to produce their own energy through a renewable source rather than to purchase electricity on the power distribution grid.

Self-consumption encouraging policies provide an opportunity for consumers interested in investing in the production of own electricity, in this sense and in order to help in the design of self-consumption production units, it has been developed as part of this thesis, a support tool for the design of PV self-consumption systems without accumulation in domestic environment to estimate the photovoltaic power needs that should be installed in a standard low voltage housing.

In the basis of the construction of this tool were essentially consumption profiles, approved by the Regulatory Authority for Energy Services, of all final users who do not have measuring equipment with consumption registration and also photovoltaic production estimate developed by the Joint Research Centre of the European Commission.

This application's main functionality provides the user with the sizing of PV self-consumption production units by introducing some data such as the district, the contracted power, the rate and the annual energy consumption. This application presents the results for sizing of the system, such as the power to be installed, and the estimated annual photovoltaic production, and results on economic analysis system such as net present value, the internal rate of return and payback on investment.

Keywords

Self-consumption, photovoltaic, renewable energy, consumer profiles.

Índice

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XV
ACRÓNIMOS.....	XVII
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1.CONTEXTUALIZAÇÃO.....	1
1.2.OBJETIVOS	2
1.3.ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO	3
2. ENERGIAS RENOVÁVEIS	5
2.1.INTRODUÇÃO	5
2.2.CONTEXTUALIZAÇÃO MUNDIAL	6
2.3.FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS	8
2.3.1. <i>Energia Fotovoltaica</i>	12
2.4.POTÊNCIA INSTALADA	13
2.4.1. <i>Mundo</i>	13
2.4.2. <i>Europa</i>	15
2.4.3. <i>Portugal</i>	17
2.5.ENERGIA PRODUZIDA	20
2.5.1. <i>Mundo</i>	20
2.5.2. <i>Europa</i>	22
2.5.3. <i>Portugal</i>	24
2.6.IMPACTO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL EM PORTUGAL	28
2.6.1. <i>Impacto Macroeconómico e Social</i>	31
2.6.2. <i>Impacto Ambiental</i>	33
2.6.3. <i>Redução da Dependência Energética</i>	35
2.7.CONCLUSÕES	36

3. ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO	39
3.1.INTRODUÇÃO	39
3.2.LEGISLAÇÃO FOTOVOLTAICA	40
3.2.1. <i>Microprodução e Miniprodução</i>	41
3.3.DECRETO-LEI N.º 153/2014 – AUTOCONSUMO	46
3.3.1. <i>Condições de Acesso e de Exercício da Atividade</i>	47
3.3.2. <i>Requisitos de Acesso ao Registo</i>	48
3.3.3. <i>Direitos do Produtor</i>	49
3.3.4. <i>Deveres do Produtor</i>	49
3.3.5. <i>Atribuições e Competências</i>	50
3.3.6. <i>Contagem nas Unidades de Produção de Autoconsumo</i>	50
3.3.7. <i>Remuneração da Energia Proveniente das Unidades de Produção para Autoconsumo</i>	51
3.3.8. <i>Processo de Licenciamento</i>	53
3.3.9. <i>Compensação Devida pelas Unidades de Produção para Autoconsumo</i>	53
3.3.10. <i>Principais Características do Regime de Produção Distribuída em Autoconsumo</i>	55
3.3.11. <i>Evolução da Potência Instalada em Unidades de Autoconsumo</i>	56
3.4.CONCLUSÕES	57
4. AUTOCONSUMO.....	59
4.1.INTRODUÇÃO	59
4.2.AUTOCONSUMO SEM LIGAÇÃO À RESP	60
4.3.AUTOCONSUMO COM LIGAÇÃO À RESP	61
4.3.1. <i>Autoconsumo com Injeção na RESP</i>	62
4.3.2. <i>Autoconsumo sem Injeção na RESP</i>	63
4.4.BENEFÍCIOS DO AUTOCONSUMO	65
4.4.1. <i>Vantagens do Autoconsumo</i>	65
4.4.2. <i>Impacto na Utilização da RESP</i>	66
4.4.3. <i>Custo Normalizado de Energia</i>	66
4.4.4. <i>Evolução do Custo da Eletricidade</i>	67
4.4.5. <i>Paridade da Rede</i>	69
4.5.DIMENSIONAMENTO DA POTÊNCIA A INSTALAR	70
4.6.ORIENTAÇÃO DAS UNIDADES DE AUTOCONSUMO	71
4.7.CONCLUSÕES	72
5. PERFIS DE CONSUMO.....	73
5.1.INTRODUÇÃO	73
5.2.PERFIL DE CONSUMO BTN – CLASSE A	74
5.3.PERFIL DE CONSUMO BTN – CLASSE B	76
5.4.PERFIL DE CONSUMO BTN – CLASSE C	77
5.5.COMPARAÇÃO DOS PERFIS DE CONSUMO BTN	79
5.6.CONCLUSÕES	80

6. APLICAÇÃO INFORMÁTICA	81
6.1.INTRODUÇÃO	81
6.2.DESCRICÃO DA APLICAÇÃO	81
6.2.1. <i>Entrada de Dados</i>	82
6.2.2. <i>Resultados Apresentados</i>	85
6.3.SOFTWARES UTILIZADOS	87
6.3.1. <i>PVGIS</i>	87
6.3.2. <i>PVSyst</i>	88
6.3.3. <i>Excel</i>	89
6.4.CONCLUSÕES	90
7. ANÁLISE DE RESULTADOS	91
7.1.INTRODUÇÃO	91
7.2.CASO 1 – BAIXA TENSÃO NORMAL 3,45 kVA – SIMPLES	93
7.3.CASO 2 – BAIXA TENSÃO NORMAL 6,9 kVA – BI-HORÁRIA	97
7.4.CASO 3 – BAIXA TENSÃO NORMAL 20,7 kVA – BI-HORÁRIA	101
7.5.CONCLUSÕES	105
8. CONCLUSÃO.....	107
REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	111

Índice de Figuras

FIGURA 2.1 – QUOTA DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO CONSUMO GLOBAL DE ENERGIA, EM 2013 [1].....	7
FIGURA 2.2 – TAXAS DE CRESCIMENTO MÉDIAS ANUAIS DE CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL E BIOCOMBUSTÍVEIS (FINAL DE 2009 – 2014) [1]	8
FIGURA 2.3 – CAPACIDADE MUNDIAL TOTAL DE ENERGIA RENOVÁVEL EM 2014 [1].....	9
FIGURA 2.4 – QUOTA DE ENERGIA RENOVÁVEL NA PRODUÇÃO MUNDIAL DE ENERGIA, EM 2014 [1].....	10
FIGURA 2.5 – CAPACIDADE FOTOVOLTAICA GLOBAL INSTALADA ENTRE 2004 E 2014 [1].....	12
FIGURA 2.6 – CAPACIDADE FOTOVOLTAICA INSTALADA TOTAL E ADICIONADA EM 2014 [1]	13
FIGURA 2.7 – EVOLUÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA NO MUNDO EM GW, ENTRE 2008 E 2013 [2].....	14
FIGURA 2.8 – AUMENTO DE POTÊNCIA INSTALADA EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL NO MUNDO 2010- 2013 (GW) [2].....	14
FIGURA 2.9 – PESO DA POTÊNCIA INSTALADA NO MUNDO POR FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL EM 2013 [2].	15
FIGURA 2.10 – EVOLUÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA NA EUROPA EM GW, ENTRE 2008 E 2013 [2]	16
FIGURA 2.11 – AUMENTO DA POTÊNCIA INSTALADA EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL NA EUROPA 2010- 2013 (GW) [2].....	16
FIGURA 2.12 – PESO DA POTÊNCIA INSTALADA NA EUROPA EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL EM 2013 [2]	17
FIGURA 2.13 – EVOLUÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA EM PORTUGAL EM MW, ENTRE 2008 E 2013 [2]	18
FIGURA 2.14 – AUMENTO DA POTÊNCIA INSTALADA EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL EM PORTUGAL 2010- 2013 (MW) [2]	18
FIGURA 2.15 – PESO DA POTÊNCIA INSTALADA EM PORTUGAL EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL EM 2013 [2]	19
FIGURA 2.16 – EVOLUÇÃO DA POTÊNCIA FOTOVOLTAICA INSTALADA EM PORTUGAL EM MW, ENTRE 2008 E 2013 [2].....	20
FIGURA 2.17 – EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO MUNDO EM TWH, ENTRE 2008 E 2013 [2]	21
FIGURA 2.18 – AUMENTO DE PRODUÇÃO EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL NO MUNDO 2010-2013 (TWH) [2].....	21
FIGURA 2.19 – PESO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO MUNDO POR FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL EM 2013 [2]	22
FIGURA 2.20 – EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA EUROPA EM TWH, ENTRE 2008 E 2013 [2]	23
FIGURA 2.21 – AUMENTO DE PRODUÇÃO EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL NA EUROPA 2010-2013 (TWH) [2].....	23
FIGURA 2.22 – PESO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA EUROPA POR FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL EM 2013 [2]	24

FIGURA 2.23 – EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PORTUGAL EM GWh, ENTRE 2008 E 2013 [2]	25
FIGURA 2.24 – AUMENTO DE PRODUÇÃO EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS EM PORTUGAL 2010-2013 (GWh) [2]	25
FIGURA 2.25 – PESO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PORTUGAL POR FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL EM 2013 [2]	26
FIGURA 2.26 – EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA EM PORTUGAL EM GWh, ENTRE 2008 E 2013 [2]	26
FIGURA 2.27 – IRRADIAÇÃO GLOBAL E POTENCIAL ELÉTRICO SOLAR DE PORTUGAL [3]	27
FIGURA 2.28 – POTENCIAL ELÉTRICO SOLAR FOTOVOLTAICO NA EUROPA [3]	28
FIGURA 2.29 – EVOLUÇÃO DO PESO DA ELETRICIDADE DE ORIGEM RENOVÁVEL EM PORTUGAL ENTRE 1999 E 2014 [6]	29
FIGURA 2.30 – EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE DE FONTE RENOVÁVEL EM PORTUGAL ENTRE 1999 E 2014 [7]	30
FIGURA 2.31 – EVOLUÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO TOTAL DO SETOR DE ELETRICIDADE DE FONTES DE ORIGEM RENOVÁVEL PARA O PIB DE PORTUGAL (MILHÕES DE EUROS) [2]	31
FIGURA 2.32 – DISTRIBUIÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO TOTAL PARA O PIB DE PORTUGAL POR PARTE DAS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL EM 2013 [2]	32
FIGURA 2.33 – EVOLUÇÃO DO EMPREGO GERADO DIRETA E INDIRETAMENTE PELO SETOR DAS FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS [2]	33
FIGURA 2.34 – TOTAL DE EMISSÕES EVITADAS PELA PRODUÇÃO EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL (MILHÕES DE TONELADAS DE CO ₂) [2]	34
FIGURA 2.35 – EMISSÕES DE CO ₂ EM 2013 E 2014 [8]	34
FIGURA 2.36 – TOTAL DE CUSTOS DE IMPORTAÇÕES EVITADOS POR TIPO DE MATÉRIA IMPORTADA (MILHÕES DE EUROS) [2]	35
FIGURA 3.1 – MICROPRODUÇÃO – POTÊNCIA INSTALADA E N.º DE INSTALAÇÕES (2008-2014) [14][15]	44
FIGURA 3.2 – MINIPRODUÇÃO – POTÊNCIA INSTALADA E N.º DE INSTALAÇÕES (2008-2014) [14][15]	45
FIGURA 3.3 – MICROPRODUÇÃO + MINIPRODUÇÃO – POTÊNCIA INSTALADA E N.º DE INSTALAÇÕES (2008-2014)	45
FIGURA 3.4 – MODELO DE FUNCIONAMENTO QUANDO EXISTA CONTAGEM NAS UNIDADES DE PRODUÇÃO DE AUTOCONSUMO [14]	51
FIGURA 3.5 – PREÇO MÉDIO DA CASSAÇÃO DO MERCADO DIÁRIO DO OMIE PARA PORTUGAL (2013,2014 E 2015) [17]	52
FIGURA 3.6 – PROCESSO DE LICENCIAMENTO DE UPAC	53
FIGURA 4.1 – SISTEMA DE AUTOCONSUMO SEM LIGAÇÃO À RESP [20]	61
FIGURA 4.2 – PERFIL DIÁRIO DE AUTOCONSUMO SEM ACUMULAÇÃO [22]	62
FIGURA 4.3 – PERFIL DIÁRIO DE AUTOCONSUMO COM ACUMULAÇÃO [22]	63
FIGURA 4.4 – AUTOCONSUMO SEM INJEÇÃO NA RESP [20]	64
FIGURA 4.5 – PONTO DE PARIDADE DA REDE [21]	69
FIGURA 4.6 – ANO DE ALCANCE DE PARIDADE DA REDE NO SETOR DOMÉSTICO DOS PAÍSES EUROPEUS [31]	70

FIGURA 5.1 – PERFIL DE CONSUMO ANUAL BTN CLASSE A EM 2015 [34]	75
FIGURA 5.2 – PERFIL DE CONSUMO SEMANAL BTN CLASSE A (5 A 11 DE JANEIRO E 6 A 12 DE JULHO) [34] ...	76
FIGURA 5.3 – PERFIL DE CONSUMO ANUAL BTN CLASSE B EM 2015 [34].....	76
FIGURA 5.4 – PERFIL DE CONSUMO SEMANAL BTN CLASSE B (5 A 11 DE JANEIRO E 6 A 12 DE JULHO) [34] ...	77
FIGURA 5.5 – PERFIL DE CONSUMO ANUAL BTN CLASSE C EM 2015 [34].....	78
FIGURA 5.6 – PERFIL DE CONSUMO SEMANAL BTN CLASSE C (5 A 11 DE JANEIRO E 6 A 12 DE JULHO) [34] ...	78
FIGURA 5.7 – PERFIL DE CONSUMO SEMANAL BTN CLASSE A, B E C (5 A 11 DE JANEIRO) [34]	79
FIGURA 5.8 – PERFIL DE CONSUMO SEMANAL BTN CLASSE A, B E C (6 A 12 DE JULHO) [34]	80
FIGURA 6.1 – INTERFACE DA APLICAÇÃO	82
FIGURA 6.2 – ENTRADA DE DADOS	83
FIGURA 6.3 – BOTÃO “VALIDAR DADOS” ATIVO.....	84
FIGURA 6.4 – MENSAGEM DE ERRO NO PREÇO DE CUSTO DA TARIFA INTRODUIDO	84
FIGURA 6.5 – RESULTADOS	87
FIGURA 6.6 – PRODUÇÃO MÉDIA NO MÊS DE JANEIRO DE 1 MÓDULO DE 250W EM AVEIRO	89
FIGURA 7.1 – DISTRIBUIÇÃO DE CLIENTES NO MERCADO LIBERALIZADO, POR OPÇÃO TARIFÁRIA E POR ESCALÃO DE POTÊNCIA (BTN \leq 20,7 kVA) [33].....	92
FIGURA 7.2 – DISTRIBUIÇÃO DE CONSUMO NO MERCADO LIBERALIZADO, POR OPÇÃO TARIFÁRIA E POR ESCALÃO DE POTÊNCIA (BTN \leq 20,7 kVA) [33]	92
FIGURA 7.3 – CONSUMOS MENSIS DE ENERGIA (CASO 1)	93
FIGURA 7.4 – DIAGRAMA DE CARGAS (CASO 1)	94
FIGURA 7.5 – ENTRADA DE DADOS (CASO 1).....	95
FIGURA 7.6 – RESULTADOS (CASO 1).....	96
FIGURA 7.7 – VAL E TIR PARA DIVERSAS POTÊNCIAS INSTALADAS (CASO 1)	97
FIGURA 7.8 – CONSUMOS MENSIS DE ENERGIA (CASO 2)	98
FIGURA 7.9 – DIAGRAMA DE CARGAS (CASO 2)	98
FIGURA 7.10 – ENTRADA DE DADOS (CASO 2).....	99
FIGURA 7.11 – RESULTADOS (CASO 2).....	100
FIGURA 7.12 – VAL E TIR PARA DIVERSAS POTÊNCIAS INSTALADAS (CASO 2)	101
FIGURA 7.13 – CONSUMOS MENSIS DE ENERGIA (CASO 3)	102
FIGURA 7.14 – DIAGRAMA DE CARGAS (CASO 3)	102
FIGURA 7.15 – ENTRADA DE DADOS (CASO 3).....	103
FIGURA 7.16 – RESULTADOS (CASO 3).....	104
FIGURA 7.17 – VAL E TIR PARA DIVERSAS POTÊNCIAS INSTALADAS (CASO 3)	105

Índice de Tabelas

TABELA 2.1 – PRINCIPAIS IMPACTOS DA APOSTA NA PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE A PARTIR DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL EM PORTUGAL [2]	36
TABELA 3.1 – ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO: MICROPRODUÇÃO E MINIPRODUÇÃO [14]	43
TABELA 3.2 – PREÇO DA TARIFA POR MWh EM REGIME BONIFICADO	46
TABELA 3.3 – PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO REGIME DE PRODUÇÃO DISTRIBUÍDA EM AUTOCONSUMO [14]	56
TABELA 3.4 – POTÊNCIA INSTALADA EM AUTOCONSUMO	57
TABELA 4.1 – EVOLUÇÃO DA TARIFA ENTRE OS ANOS 2001 E 2015 [28][29][30].....	68
TABELA 5.1 – SEGMENTAÇÃO DE CONSUMIDORES NOS PERFIS DE CONSUMO TIPO PARA BTN	74
TABELA 6.1 – PRESSUPOSTOS TÉCNICOS CONSIDERADOS NO PVGIS	88
TABELA 7.1 – DESCRIÇÃO DO CONTRATO DE ENERGIA (CASO 1)	93
TABELA 7.2 – DESCRIÇÃO DO CONTRATO DE ENERGIA (CASO 2)	97
TABELA 7.3 – DESCRIÇÃO DO CONTRATO DE ENERGIA (CASO 3)	101

Acrónimos

BTN	–	Baixa Tensão Normal
CIEG	–	Custo de Interesse Económico Geral
CUR	–	Comercializador de Último Recurso
DGEG	–	Direção Geral de Energia e Geologia
DL	–	Decreto-Lei
EDP	–	Eletricidade de Portugal
EEGO	–	Entidade Emissora de Garantias de Origem
ER	–	Energias Renováveis
ERSE	–	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FER	–	Fontes de Energia Renovável
FIT	–	<i>Feed-in-Traffic</i>
FV	–	Fotovoltaico
GH	–	Grandes Hídricas
GO	–	Garantias de Origem
LCOE	–	<i>Levelized Cost of Energy</i>
MCP	–	Mera Comunicação Prévia
OCDE	–	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
OMIE	–	Operador do Mercado Ibérico de Energia

O&M	–	Operação e Manutenção
PCH	–	Pequenas Centrais Hídricas
PIB	–	Produto Interno Bruto
RARI	–	Regulamento do Acesso às Redes e às Interligações
RESP	–	Rede Elétrica de Serviço Público
RRC	–	Regulamento de Relações Comerciais
SE4ALL	–	<i>Sustainable Energy for All</i>
SEI	–	Sistema Elétrico Independente
SEN	–	Sistema Elétrico Nacional
SERUP	–	Sistema Eletrónico de Registo de Unidades de Produção
SRM	–	Sistema de Registo da Microprodução
TIR	–	Taxa Interna de Rentabilidade
UP	–	Unidades de Produção
UPAC	–	Unidades de Produção para Autoconsumo
UPP	–	Unidades de Pequena Produção
VAL	–	Valor Atual Líquido

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular Tese / Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), sob a orientação do Professor Doutor Roque Brandão.

Neste capítulo encontra-se descrita a contextualização da tese, apresentando-se os motivos fundamentais que levaram à sua realização, são enunciados os seus principais objetivos e é anunciada a estrutura do relatório.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Numa época marcada pela utilização de combustíveis fósseis em que a procura de alternativas para a diminuição da dependência energética e para o aumento da eficiência energética tem vindo a crescer mundialmente e em particular no nosso país, o investimento em fontes de energia de origem renovável, faz com que se caminhe para um desenvolvimento equilibrado e sustentado em três importantes setores: ambiental, económico e social.

A possibilidade de produção distribuída de energia elétrica é um avanço crucial para a diminuição da dependência energética. Nos últimos anos, os regimes de microprodução e miniprodução impulsionaram o mercado fotovoltaico em Portugal, onde toda a energia produzida era vendida à rede elétrica de serviço público (RESP), no entanto, com a constante

diminuição dos valores de remuneração recebidos, o setor fotovoltaico começou a entrar em queda. Perante isto, o governo português criou novas políticas de incentivo para o setor fotovoltaico com a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 153/2014. Este Decreto-Lei introduziu a possibilidade de instalação de sistemas fotovoltaicos em habitações ou empresas para produção da própria energia elétrica, é o denominado autoconsumo.

A produção da própria eletricidade minora ou até mesmo elimina a compra à rede elétrica de serviço público, e conseqüentemente diminui as perdas no sistema e reduz os fatores de utilização do sistema elétrico nacional (SEN), com possível impacto na geração, transporte e distribuição de energia. Esta alternativa simplifica os atuais mecanismos, garantindo que entidades com perfis de consumo menos intensivos possam igualmente enquadrar-se no regime de produção distribuída, como é o caso dos consumidores domésticos.

A constante subida dos preços de eletricidade, a redução de subsídios e redução dos preços dos equipamentos do setor fotovoltaico faz com que o autoconsumo seja uma boa aposta para o futuro.

Perante a previsão de que o futuro da produção distribuída passará pelo autoconsumo fotovoltaico, foi criada uma aplicação informática que auxilia no dimensionamento de sistemas de autoconsumo e apresenta ao utilizador resultados que permitem analisar a viabilidade económica desse tipo de sistemas.

1.2. OBJETIVOS

Os principais objetivos desta dissertação passam pela apresentação do novo regime de produção de energia para autoconsumo, fazendo uma análise das diversas tipologias e do seu enquadramento legislativo, e consiste ainda na construção de uma aplicação informática que permita fazer o dimensionamento e análise da viabilidade económica de sistemas de autoconsumo em ambiente doméstico. Dada a complexidade inerente a estes objetivos, foi necessário subdividi-los em múltiplas tarefas, entre as quais se destacam as seguintes:

- Estudo do enquadramento legislativo;
- Estudo de tipologias de sistemas de autoconsumo;
- Análise de perfis de consumo;
- Levantamento de estimativas de produção fotovoltaica;
- Análise de viabilidade económica de sistemas de autoconsumo.

1.3. ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

O presente relatório está organizado em oito capítulos. No presente capítulo, é apresentada a introdução ao assunto, onde está descrita a sua contextualização, os seus objetivos e a organização do relatório. No capítulo 2 é abordado o tema das energias renováveis, onde é feita uma contextualização mundial e são apresentados dados referentes à potência instalada e energia produzida no Mundo, na Europa e em Portugal. São ainda apresentados os principais impactos da produção de energia renovável em Portugal, onde se destacam o macroeconómico e social, o ambiental e a redução da dependência energética. É apresentado no capítulo 3 o enquadramento legislativo do setor fotovoltaico, onde é feita uma introdução aos regimes de microprodução e miniprodução e uma análise detalhada ao Decreto-Lei n.º 153/2014 que promove essencialmente o autoconsumo. O quarto capítulo apresenta os diversos tipos de sistemas de autoconsumo, sendo que estes podem estar ou não ligados à rede elétrica de serviço público, sendo ainda enunciados os diversos benefícios destes sistemas. O capítulo 5 aborda os três perfis de consumo em baixa tensão normal aprovados pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, onde é feita uma comparação entre estes. No capítulo 6 é apresentada a aplicação informática desenvolvida, onde é feita a sua descrição e são apresentados os *softwares* utilizados. No sétimo capítulo é produzida a análise de resultados para três casos específicos de consumidores em baixa tensão normal. Por fim, no último capítulo são reunidas as principais conclusões retiradas ao longo desta dissertação e perspetivados futuros desenvolvimentos.

2. ENERGIAS RENOVÁVEIS

2.1. INTRODUÇÃO

Num mundo onde a atual conjuntura se direciona cada vez mais para a eficiência energética, é importante sensibilizar e motivar as pessoas para o uso de energias renováveis. Os principais governos mundiais já entenderam que é necessário enveredar pelo caminho das energias renováveis e nesse sentido aplicam medidas que direcionam a população para o consumo de energias renováveis e para a eficiência energética.

Nos últimos anos tem sido notório o investimento feito pelos governos e organizações mundiais no desenvolvimento de tecnologias que permitam aproveitar a energia gerada a partir de recursos naturais. Esta aposta em fontes de energias limpas e renováveis tem a principal finalidade de produzir grandes quantidades de energia sem gerar gases com efeito estufa, que têm vindo a contribuir para a alterações climáticas.

A preocupação ambiental e a escassez dos combustíveis fósseis sustentam a ideia que o futuro passa pela utilização de energias renováveis, esta é uma das premissas fundamentais para a construção de uma sociedade global sustentável.

2.2. CONTEXTUALIZAÇÃO MUNDIAL

A escassez mundial de combustíveis fósseis e a questão ambiental são umas das principais razões para a utilização de fontes de energias renováveis. A aposta neste tipo de energias tem vindo a crescer e nos últimos anos o consumo global de energia tem aumentado cerca de 1,5% ao ano, especialmente impulsionado pelo aumento de consumos energéticos nos países em desenvolvimento.

Apesar do aumento global dos consumos de energia, em 2014, pela primeira vez em quatro décadas, as emissões globais de carbono associadas ao consumo de energia mantiveram-se estáveis, num ano em que se verificou um crescimento da economia mundial. No passado houve anos em que se verificaram reduções de emissões de carbono, no entanto, essas foram associadas a crises na economia global, a estabilização das emissões de carbono em 2014 deveu-se essencialmente ao aumento da utilização de energias renováveis e da melhoria da eficiência energética.

Numa perspetiva futura, vários países, como a China, o México e os Estados Unidos, bem como os países da União Europeia anunciaram compromissos relativos às alterações climáticas, que fazem prever futuros investimentos em energias renováveis e em eficiência energética. Há uma crescente consciencialização mundial de que as energias renováveis e a eficiência energética são fundamentais não só para combater as alterações climáticas, mas também para a criação de novas oportunidades e desenvolvimento a nível económico. As energias renováveis são vitais em programas de eletrificação rural em muitos países, e tem-se verificado nos últimos anos uma grande envolvência mundial na promoção do acesso à energia através de fontes renováveis. Em reconhecimento da importância da eficiência energética e das energias renováveis para um desenvolvimento sustentável, a Assembleia Geral das Nações Unidas declarou o ano de 2014 como o primeiro de uma década de Energia Sustentável para Todos (SE4ALL¹). O projeto SE4ALL pretende duplicar a quota das energias renováveis na totalidade da energia mundial de um valor base de 18% registado em 2010 para um valor de 36% em 2030.

¹ *Sustainable Energy for All*, na designação anglo-saxónica.

Estima-se que em 2013, a energia renovável fornecida foi de 19,1% do consumo mundial de energia, conforme se pode observar na Figura 2.1. Desta quota total, a biomassa tradicional, usada principalmente para cozinhar e aquecer áreas remotas e rurais dos países em desenvolvimento, é de cerca de 9%, e a energia renovável moderna, que aumentou ligeiramente a sua quota comparando com o ano anterior, é de aproximadamente 10,1%. A energia renovável moderna é usada cada vez mais em quatro mercados distintos: geração de energia elétrica, aquecimento e refrigeração, transporte e serviços rurais. Em 2013, a energia hidroelétrica foi responsável por cerca de 3,9% do consumo final de energia, enquanto que o consumo de outras fontes de energia renovável como são o caso da eólica, solar, biomassa e geotérmica foi de 1,3%. O consumo de energia térmica renovável foi de cerca de 4,1% e o consumo energético de biocombustíveis usados no setor dos transportes foi de cerca de 0,8% [1].

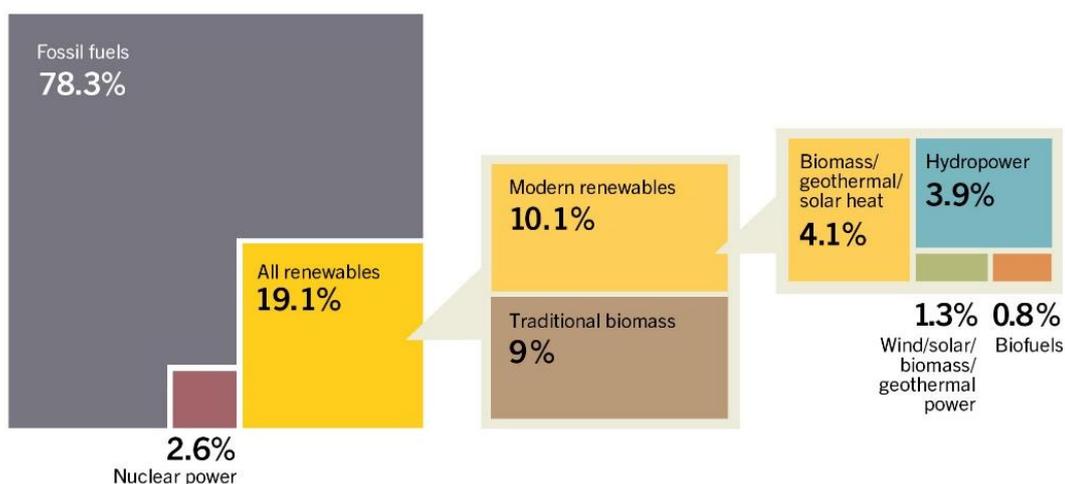


Figura 2.1 – Quota de energias renováveis no consumo global de energia, em 2013 [1]

Em 2014, as energias renováveis tiveram uma grande expansão em termos de capacidade instalada e de energia produzida, algumas tecnologias tiveram um crescimento mais rápido no ano de 2014 do que na média dos últimos cinco anos. Relativamente às energias renováveis usadas no setor do aquecimento, a capacidade instalada continuou num crescimento a um ritmo constante. A produção de biocombustíveis aumentou pelo segundo ano consecutivo, após o abrandamento verificado em 2011 e 2012. O crescimento mais rápido e o maior aumento de capacidade ocorreu no setor da energia elétrica de origem renovável, sendo a energia fotovoltaica um exemplo claro desse crescimento, conforme se pode observar na Figura 2.2.

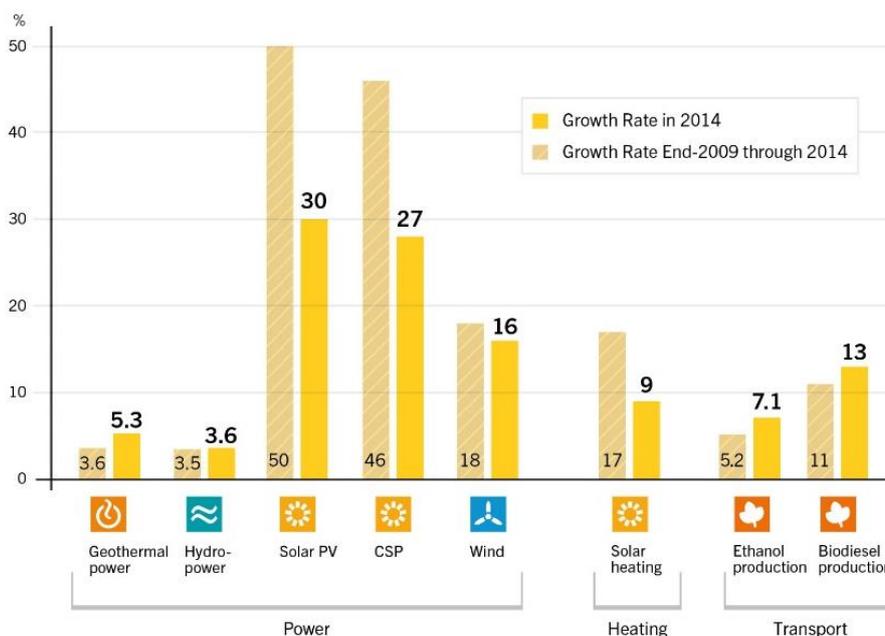


Figura 2.2 – Taxas de crescimento médias anuais de capacidade de produção de energia renovável e biocombustíveis (Final de 2009 – 2014) [1]

As energias renováveis enfrentaram nos últimos anos desafios em alguns países resultantes de mudanças políticas ou de incertezas, tais como a imposição de novos impostos na Europa e do vencimento do crédito fiscal de produção federal dos EUA. Os principais decisores políticos têm-se centrado predominantemente no setor de energia elétrica, dando menos ênfase ao aquecimento, arrefecimento e aos biocombustíveis, esta é uma tendência que tem ajudado a moldar a panorama mundial atual [1].

Cada vez mais, vão sendo lançadas metas a atingir ao nível da produção de energia elétrica renovável. Este fator é sustentado pela diminuição dos custos de instalação de energias renováveis, em muitos países as energias renováveis têm preço altamente competitivo em comparação com fontes de energia convencional não renováveis.

2.3. FONTES DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

A potência instalada e a produção de energia elétrica através de fontes de energia renovável têm vindo a crescer significativamente em todo o mundo. Nos últimos anos, o crescimento mais significativo ocorreu no setor da produção de energia elétrica, atingindo uma capacidade mundial de energia elétrica renovável estimada de 1.712 GW no final do ano de 2014, um aumento de 8,5% acima da capacidade de 2013. A capacidade de energia hidroelétrica cresceu 3,6% para aproximadamente 1.055 GW, enquanto que outras fontes

renováveis cresceram coletivamente quase 18% de um total estimado de 660 GW [1]. Globalmente, a energia eólica e a energia solar fotovoltaica foram as que tiveram um maior aumento de capacidade. A Figura 2.3 mostra a capacidade total instalada no final do ano de 2014 bem como o acréscimo de capacidade feito nesse ano, para os diversos tipos de produção de energia elétrica de origem renovável.

	ADDED DURING 2014	EXISTING AT END-2014
POWER GENERATION (GW)		
 Bio-power	5	93
 Geothermal power	0.6	12.8
 Hydropower	37	1,055
 Ocean power	-0	0.5
 Solar PV	40	177
 Concentrating solar thermal power (CSP)	0.9	4.4
 Wind power	51	370

Figura 2.3 – Capacidade mundial total de energia renovável em 2014 [1]

No final de 2014, a capacidade instalada de energia elétrica renovável foi de cerca de 27,7% da capacidade de geração de energia elétrica total do mundo. Esta capacidade foi o suficiente para abastecer cerca de 22,8% da eletricidade global, com a energia hidroelétrica a fornecer cerca de 16,6%, conforme se pode observar na Figura 2.4. Durante o período 2007-2012, a geração de energia elétrica renovável cresceu a uma taxa média de 5,9% ao ano. Em contraste, o consumo mundial de eletricidade aumentou a uma taxa média anual de 2,7% no mesmo período, com o consumo de eletricidade em países não membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) a crescer duas vezes mais rapidamente.

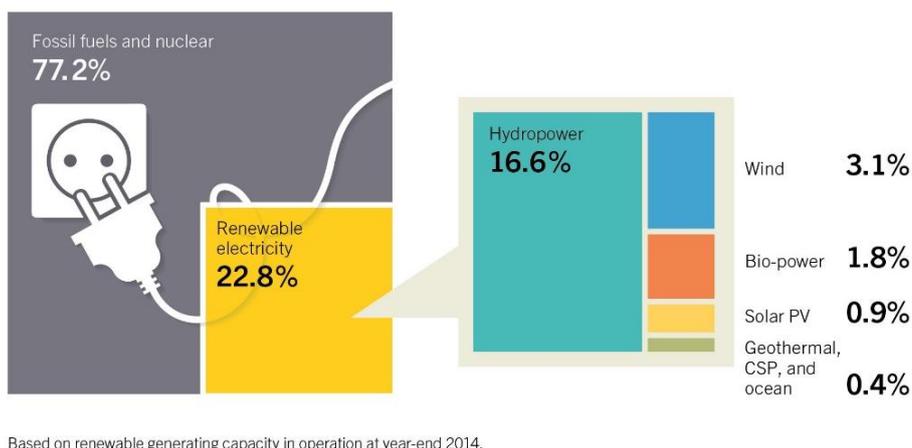


Figura 2.4 – Quota de energia renovável na produção mundial de energia, em 2014 [1]

As energias renováveis estão a alcançar altos níveis de introdução em vários países, a título de exemplo destaca-se que, ao longo de 2014, a energia eólica reuniu 39,1% da procura de eletricidade na Dinamarca, 27% em Portugal e 21% na Nicarágua. A capacidade de energia fotovoltaica em funcionamento no final de 2014 era suficiente para atender a um número estimado de 7,9% da procura de eletricidade em Itália, de 7,6% na Grécia, e de 7% na Alemanha. No final de 2014, a China, os Estados Unidos, o Brasil, a Alemanha e o Canadá estavam no topo da lista de países com maior capacidade instalada de energia elétrica de fonte renovável. A China possui cerca de um quarto da capacidade de energia renovável do mundo, incluindo cerca de 280 GW de origem hidroelétrica. Analisando os países com maior capacidade de energia elétrica renovável de origem não hidroelétrica, constata-se que os países com maior capacidade instalada por habitante estão todos localizados na Europa, apresentando-se a Dinamarca em primeiro lugar com uma larga vantagem, sendo seguida pela Alemanha, Suécia, Espanha e Portugal [1].

Fazendo uma análise mais detalhada por regiões do mundo, verifica-se que na Ásia, o país com maior capacidade de energia renovável instalada é a China, que aumentou consideravelmente a capacidade de produção de energia eólica, de energia solar fotovoltaica, e de energia hidroelétrica em 2014. Houve também um crescimento significativo de mercado na Ásia de uma forma mais ampla, com a Tailândia a aumentar a sua capacidade de produção de energia fotovoltaica em 0,5 GW, mais do que em muitos países europeus.

Na União Europeia, as energias renováveis tiveram um aumento de capacidade de geração de energia por fontes renováveis pelo sétimo ano consecutivo. O destaque foi para a Alemanha que aumentou a sua quota de geração de energia renovável não hidroelétrica de

10,5% em 2010 para 24% em 2014. A Escócia é outro país que tem apostado na utilização de energias renováveis, em 2014 teve perto de metade da sua eletricidade produzida a partir de fontes renováveis.

A América do Norte teve um crescimento significativo da capacidade de produção de energia fotovoltaica e eólica, embora o vasto potencial técnico para ambos os recursos permaneça claramente por explorar. Nos Estados Unidos da América, o maior aumento de capacidade de energia renovável foi verificado em recursos não-hidroelétricos. Na América Central e do Sul, o Brasil continuou a liderar os aumentos de capacidade de produção de energia elétrica renovável, este instalou mais de 3 GW de energia hidroelétrica e 2,5 GW de energia eólica. O Chile e o México alcançaram aumentos significativos da capacidade eólica e fotovoltaica e o Uruguai teve o maior aumento de capacidade eólica *per capita* a nível mundial.

Em África também se verificou um aumento das novas instalações de energias renováveis. A África do Sul ficou na nona posição entre os dez melhores mercados fotovoltaicos, à frente da Índia, que apostou essencialmente em novas instalações eólicas. O Quénia instalou mais de metade da nova capacidade geotérmica do mundo, e o Ruanda aumentou significativamente a sua capacidade total de geração com a adição de nova capacidade de pelo menos 30 MW de energia hidroelétrica e 8,5 MW de energia fotovoltaica.

A nível mundial, a produção de eletricidade renovável em 2014 continuou a ser dominada pelos grandes geradores que são propriedade de grandes investidores. No entanto, Austrália, Europa, Japão e América do Norte também têm observado um crescimento significativo no número de produtores/consumidores (*prosumers*²), que são habitualmente clientes residenciais que produzem a sua própria energia elétrica.

² Termo proveniente da junção das palavras *producer* + *consumer*, na designação anglo-saxónica.

2.3.1. ENERGIA FOTOVOLTAICA

A produção de energia a partir da fonte fotovoltaica assinalou no ano de 2014 o 60º aniversário desde a primeira demonstração pública de uma célula solar fotovoltaica. Este foi também um ano recorde para o seu crescimento, com cerca de 40 GW de capacidade instalada adicionada, para um total global de cerca de 177 GW. Mais de 60% de toda a capacidade fotovoltaica em funcionamento em todo o mundo no final de 2014 foi instalada nos últimos três anos. Na Figura 2.5 pode-se observar o crescimento da potência fotovoltaica instalada a nível mundial nos últimos dez anos.

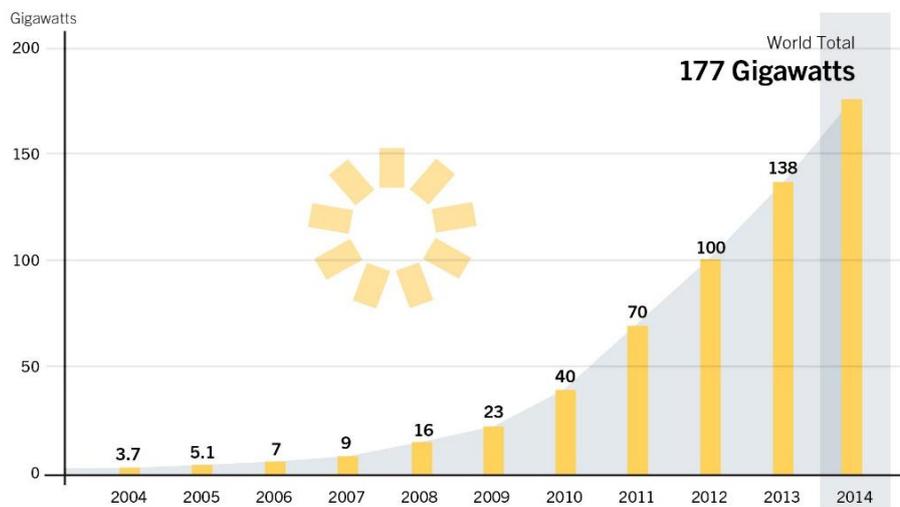


Figura 2.5 – Capacidade fotovoltaica global instalada entre 2004 e 2014 [1]

Na Figura 2.6 pode-se observar a listagem dos dez países com mais capacidade fotovoltaica instalada a nível mundial e também o aumento de capacidade instalada nesses países no ano de 2014. Verifica-se que a Alemanha lidera a capacidade fotovoltaica instalada com 38,2 GW, seguida pela China com 28,2 GW e pelo Japão com 23,3 GW. É importante salientar que no ano de 2014, os países com maior aumento de capacidade foram a China e o Japão com 10,6 GW e 9,7 GW, respetivamente, evidenciando que os principais países asiáticos estão a investir no setor fotovoltaico.

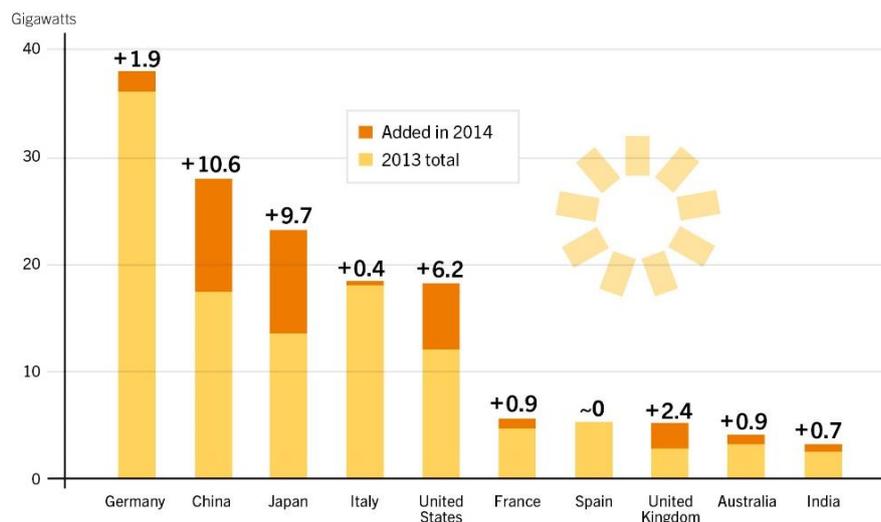


Figura 2.6 – Capacidade fotovoltaica instalada total e adicionada em 2014 [1]

2.4. POTÊNCIA INSTALADA

2.4.1. MUNDO

O investimento e aposta em energias renováveis tem vindo a crescer e nos últimos anos o consumo global de energia a partir de fontes renováveis tem aumentado, desta forma a potência instalada e a produção de energia elétrica através de fontes de energia renovável (FER) têm vindo a crescer significativamente em todo o mundo.

Nos últimos anos, tem-se registado a nível mundial um crescimento na potência total de produção de energia elétrica, entre 2010 e 2013 observou-se um crescimento médio anual de 5,1%, atingindo uma potência instalada de aproximadamente 5.776 GW em 2013.

A nível mundial, a produção de energia a partir de origens não renováveis cresceu em média cerca de 3,6% por ano entre 2010 e 2013, no entanto, nesse mesmo intervalo de tempo foram as fontes de energia renovável que deram o maior contributo para o aumento da potência instalada mundialmente. Verificou-se um crescimento médio anual de 9,5% entre 2010 e 2013, resultado da forte aposta que se tem feito nos últimos anos nas energias renováveis a uma escala global [2].

A Figura 2.7 mostra a evolução da potência instalada no mundo entre 2008 e 2013, onde se pode verificar que houve uma grande aposta nas fontes de energia renovável. Em 2008 apenas 23% da potência instalada no mundo era de fontes renováveis e em 2013 esse valor

era de 28%, clarificando a intenção mundial de aposta em energias renováveis em detrimento das energias não renováveis.

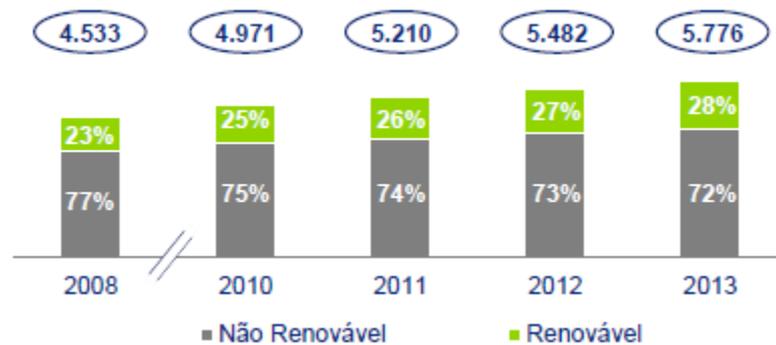


Figura 2.7 – Evolução da potência instalada no mundo em GW, entre 2008 e 2013 [2]

Em 2013 foi atingido o valor aproximado de 1.606 GW de potência instalada em fontes de energia renovável, confirmando desta forma um aumento de 31% na potência mundial instalada entre 2010 e 2013. Este aumento de potência foi fundamentalmente dividido pela Hídrica, Eólica e Solar, com 137 GW, 122 GW e 101 GW, respetivamente, tendo as restantes fontes registado aumentos de potência mais moderados conforme é possível observar na Figura 2.8.

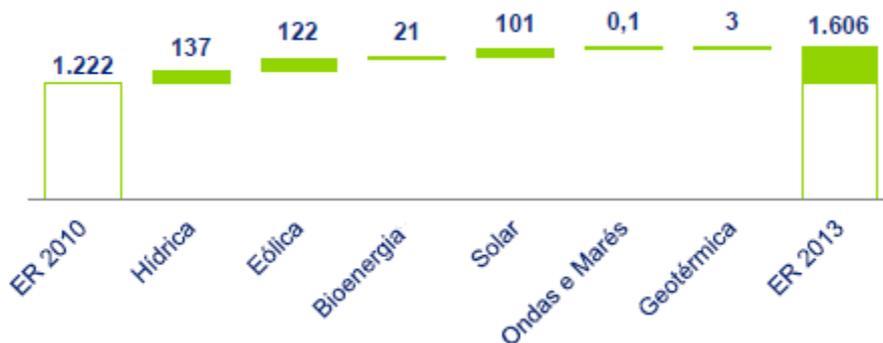


Figura 2.8 – Aumento de potência instalada em fontes de energia renovável no mundo 2010-2013 (GW) [2]

No final de 2013, a fonte de energia renovável com maior peso de potência instalada era a Hídrica, atingindo cerca de 2/3 do total de potência instalada em FER, seguindo-se a Eólica que representou cerca de 1/5. Estas duas fontes em conjunto representaram cerca de 85% da potência renovável mundial. Outras fontes como a Solar, Bioenergia e outras menos significativas representaram os restantes 15%. Na Figura 2.9 pode-se observar com maior

detalhe o peso da potência instalada no mundo de cada fonte de energia renovável no total de 1.606 GW atingidos em 2013.

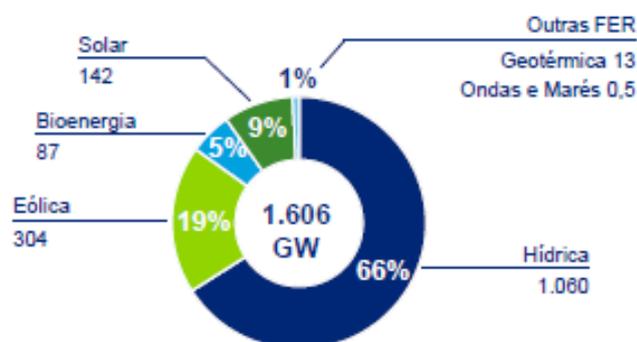


Figura 2.9 – Peso da potência instalada no mundo por fontes de energia renovável em 2013 [2]

2.4.2. EUROPA

A nível europeu, tal como acontece a nível mundial existe uma consciencialização para a utilização de energias renováveis e para a eficiência energética. Desta forma, torna-se importante fazer uma análise sobre a potência instalada em fontes de energia renovável na Europa.

Nos últimos anos, na Europa, têm-se verificado o aumento da potência instalada em exclusivo nas fontes de energia renovável, ou seja, a energia consumida através de fontes não renováveis tem vindo a ser reduzida. Entre 2010 e 2013 verificou-se um aumento de 20% na potência instalada em energias renováveis, que resulta em grande parte da crescente aposta e investimentos realizados no setor renovável europeu. Na Figura 2.10 encontra-se representada a evolução da potência instalada na Europa entre os anos de 2008 e 2013, pode-se observar um aumento do consumo de fontes de energia renováveis e uma redução do consumo de fontes de energia não renováveis. Comparando, por exemplo, o ano 2008 com o ano 2013, verifica-se que o consumo de energias de fonte renovável cresceu de 26% para 34%, e consequentemente o consumo de energias de fonte não renovável decresceu de 74% para 66%, sendo esta uma tendência esperada para o futuro.

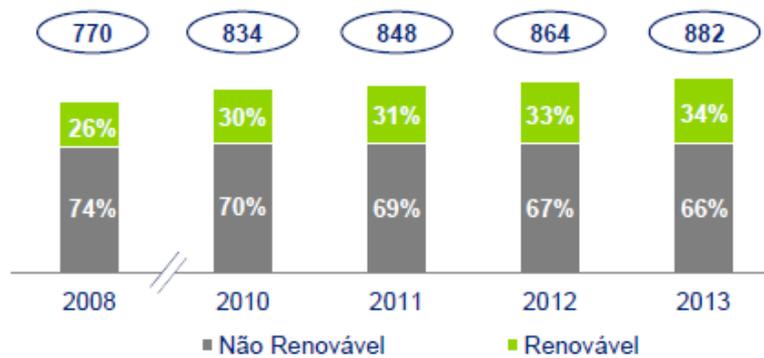


Figura 2.10 – Evolução da potência instalada na Europa em GW, entre 2008 e 2013 [2]

As fontes que mais têm contribuído, nos últimos anos, para o aumento de potência instalada de origem renovável são a Eólica e a Solar, sendo que entre 2010 e 2013 estas registaram um aumento de aproximadamente 22 GW e 23 GW, respetivamente. Na Figura 2.11 apresenta-se o aumento da potência instalada em fontes de energia renovável entre 2010 e 2013, onde se registou um aumento de potência de origem renovável na Europa de cerca de 50 GW.

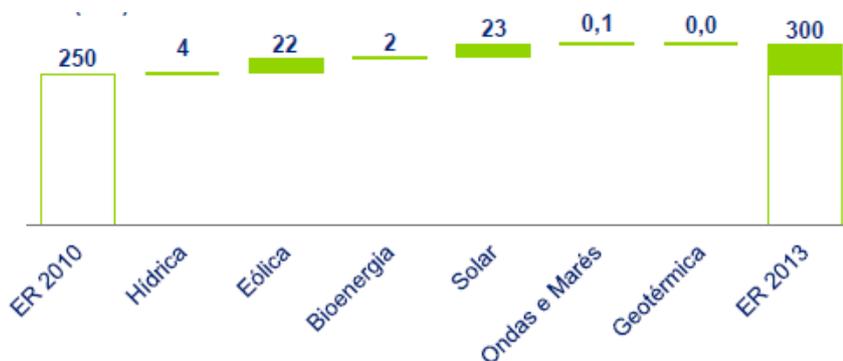


Figura 2.11 – Aumento da potência instalada em fontes de energia renovável na Europa 2010-2013 (GW) [2]

No final de 2013, as fontes de energia renovável com mais potência instalada eram a Hídrica e a Eólica, com 38% e 35%, respetivamente, seguida pela energia Solar com 17%. Na Figura 2.12 estão representadas as percentagens de cada fonte de energia renovável, de um total de potência instalada destas fontes de aproximadamente 300 GW.

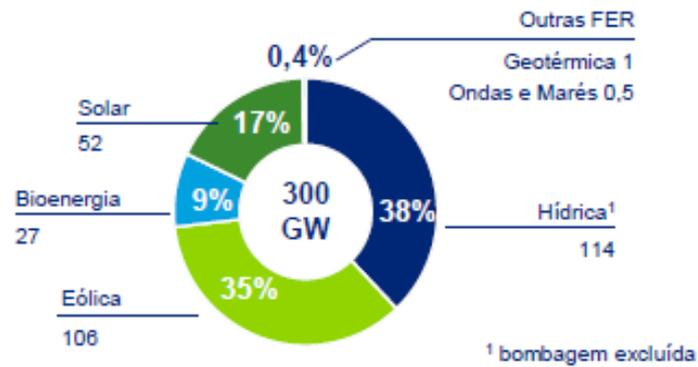


Figura 2.12 – Peso da potência instalada na Europa em fontes de energia renovável em 2013 [2]

2.4.3. PORTUGAL

Em Portugal, o setor das energias renováveis assume atualmente uma posição de extrema importância, resultante da expressão que os decisores políticos têm vindo a implementar no panorama energético nacional, da qual resulta uma importante contribuição para o desenvolvimento económico, na criação de riqueza e geração de emprego. À semelhança da análise que foi feita a nível mundial e europeu, torna-se relevante fazer uma análise sobre a potência instalada em Portugal em fontes de energia renovável.

Nos últimos anos, as fontes de energia renovável têm alcançado grande primazia na totalidade de energia elétrica produzida em Portugal, representando atualmente mais de metade da produção de energia. Entre 2010 e 2013 observou-se um crescimento médio de 5,3% ao ano na potência instalada em FER em Portugal, sendo superados os 11.300 MW de potência instalada em FER em 2013. Fazendo uma análise da potência instalada em Portugal verifica-se que esta tem vindo a ser reduzida nos últimos anos, isto acontece devido à redução de potência de produção a partir de fontes não renováveis, tendo sido reduzidos cerca de 1.800 MW de potência entre 2010 e 2013. Na Figura 2.13 pode-se observar a evolução da potência instalada em Portugal entre 2008 e 2013, onde se destaca essencialmente o aumento de potência instalada de FER e a diminuição da potência instalada em fontes de energia não renováveis, sendo que em 2008 estas representavam de 48% da potência total instalada e em 2013 esse valor caiu para 41%.



Figura 2.13 – Evolução da potência instalada em Portugal em MW, entre 2008 e 2013 [2]

Um dos principais motivos para o menor peso das fontes de energia não renovável no valor global da potência instalada, foi o descomissionamento da central a fuelóleo de Setúbal, atenuado pelos aumentos graduais de potência de centrais a gás natural.

Nos últimos anos, a potência instalada em Portugal aumentou em praticamente todas as FER, entre 2010 e 2013, esse valor cresceu mais de 1.600 MW, conforme se pode observar na Figura 2.14.

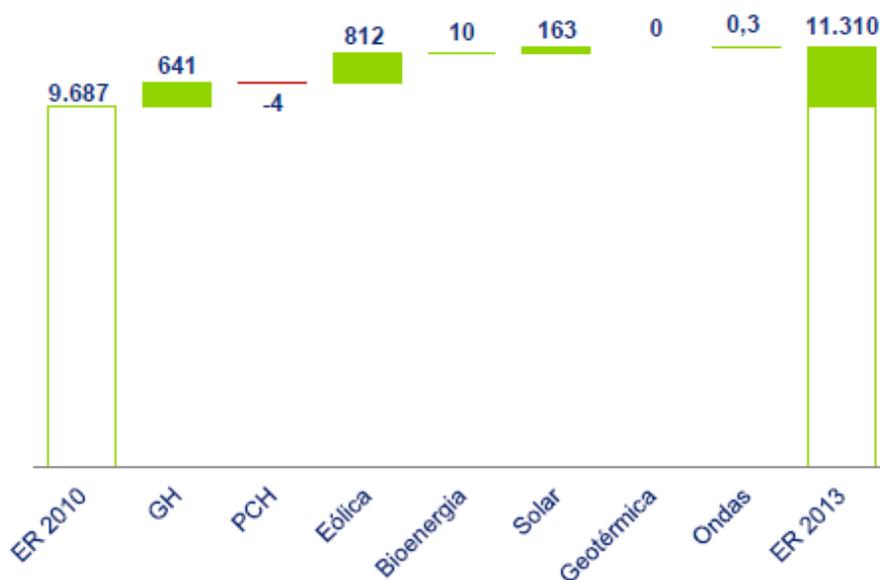


Figura 2.14 – Aumento da potência instalada em fontes de energia renovável em Portugal 2010-2013 (MW) [2]

O maior aumento de potência instalada foi ao nível da fonte Eólica, com cerca de 812 MW, ou seja, cerca de metade de todo o crescimento verificado. As Grandes Hídricas (GH) foram a fonte com o segundo maior valor de potência instalada, com cerca de 641 MW. Em termos

relativos, o maior aumento de potência verificou-se na fonte Solar, tendo mais que duplicado a sua potência durante esse período de tempo.

Em Portugal as fontes Hídrica e Eólica são as principais fontes de energia renovável, registando-se em 2013, 49% da potência instalada como sendo Hídrica e 42% como sendo Eólica. As restantes fontes representam apenas 9%, e podem ser identificadas na Figura 2.15, que apresenta o peso da potência instalada em Portugal por fontes de energia renovável em 2013.

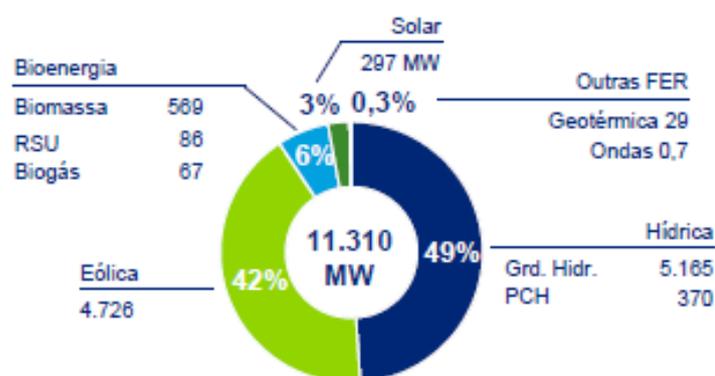


Figura 2.15 – Peso da potência instalada em Portugal em fontes de energia renovável em 2013 [2]

ENERGIA FOTOVOLTAICA

Portugal é um dos países da Europa com as melhores condições climáticas para a produção de energia fotovoltaica. Com um elevado número de horas de exposição solar anual, o país pode aproveitar todo este potencial para reduzir os seus consumos energéticos de fontes não renováveis, nomeadamente os combustíveis fósseis. A energia fotovoltaica é uma das fontes de energia renovável com maior capacidade de expansão no futuro, sendo que esta poderá ter diversas aplicações, é uma energia não poluente, não produz ruído e pode ser utilizada em sistemas de grande fiabilidade e durabilidade.

Nos últimos anos tem-se verificado um aumento significativo na potência fotovoltaica instalada em Portugal, entre 2010 e 2013, a fonte fotovoltaica registou um enorme aumento de potência instalada em termos relativos, aumentou cerca de 122%, o que corresponde a aproximadamente 163 MW. Neste espaço temporal, teve um crescimento médio anual de 30,4%, atingindo os 297 MW de potência instalada em 2013. Na Figura 2.16 é possível observar a evolução da potência instalada da fonte fotovoltaica em Portugal [2].



Figura 2.16 – Evolução da potência fotovoltaica instalada em Portugal em MW, entre 2008 e 2013 [2]

2.5. ENERGIA PRODUZIDA

2.5.1. MUNDO

De forma a complementar a informação anteriormente mencionada relativa à potência instalada em fontes de energia renovável em todo o mundo, torna-se importante apresentar a produção efetiva de energia elétrica através dessas fontes de energia renovável nos últimos anos.

Face às crescentes necessidades mundiais ao nível do consumo de energia elétrica, a produção mundial de eletricidade tem vindo a crescer, apresentando um valor de crescimento de aproximadamente 13% entre 2010 e 2013, com um crescimento médio anual de 4,2%. Conforme se pode observar na Figura 2.17, no ano de 2013 foi atingida uma produção de energia a nível mundial de 22.941 TWh, sendo que cerca de 21% desta energia foi proveniente de fontes de energia renovável. É importante salientar também o aumento da produção de energia a partir de fontes renováveis entre 2008 e 2013, de 19% para 21% da totalidade de energia produzida.

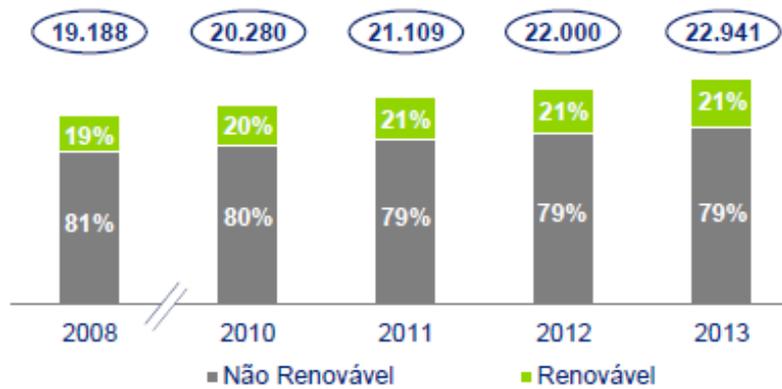


Figura 2.17 – Evolução da produção de energia elétrica no mundo em TWh, entre 2008 e 2013 [2]

Fazendo a comparação entre 2010 e 2013 verifica-se que em 2013 foram produzidos mais 730 TWh de eletricidade de origem renovável do que em 2010, que corresponde a um crescimento na produção de eletricidade renovável de 18%. Nos últimos anos tem-se verificado um aumento de produção em todas as fontes de energia renovável, conforme se pode comprovar na Figura 2.18. As fontes que mais têm contribuído para este crescimento são a Hídrica e a Eólica, representando entre 2010 e 2013, conjuntamente, cerca de 75% do aumento total de produção. A energia Solar é um caso que deve ser destacado pelo facto de apesar de representar um baixo contributo para a produção adicional de eletricidade a partir de fontes renováveis no mundo, foi a que registou o maior aumento relativo de produção de energia elétrica, tendo aumentado a produção, em 2013, em cerca de 2,5 vezes mais que em 2010. As FER com menos aumento de produção de energia foram a Geotérmica e a Ondas e Marés, com 13 TWh e 0,7 TWh, respetivamente.

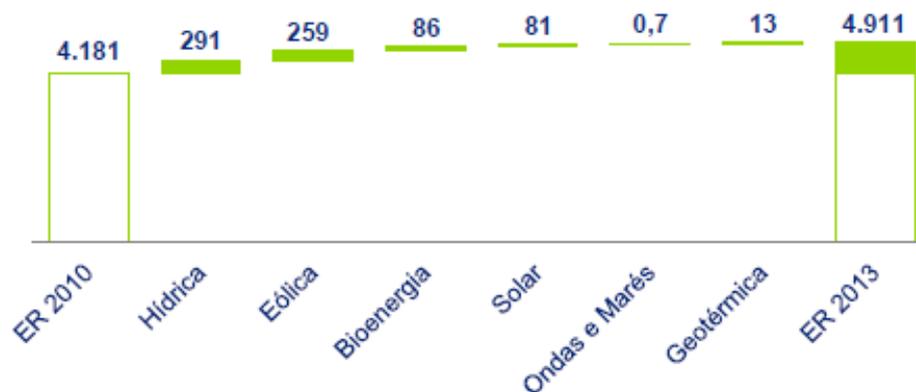


Figura 2.18 – Aumento de produção em fontes de energia renovável no mundo 2010-2013 (TWh)

[2]

No ano 2013, conforme se pode observar na Figura 2.19, foram produzidos cerca de 4.911 TWh de eletricidade de origem renovável verificando-se que, a energia de fonte Hídrica foi

a que teve maior peso na produção de eletricidade no mundo por FER com cerca de 3/4 dessa produção, seguida da produção de fonte Eólica e da Bioenergia com 12% e 8%, respetivamente. Fontes como a Solar e outras menos significativas representam os restantes 5%.

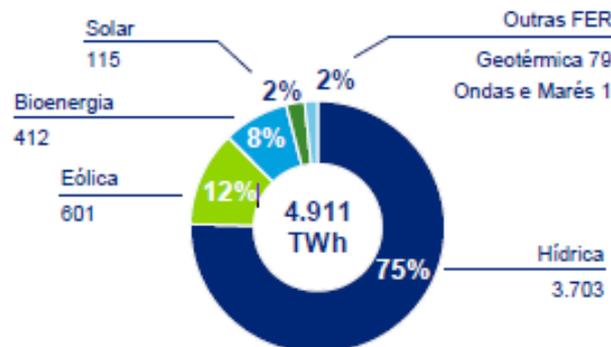


Figura 2.19 – Peso da produção de energia elétrica no mundo por fontes de energia renovável em 2013 [2]

2.5.2. EUROPA

A aposta constante nas fontes de energia renovável e a procura pela eficiência energética são objetivos a nível mundial, sendo os países da Europa uns dos grandes impulsionadores desta mentalidade, neste sentido torna-se importante apresentar a produção efetiva de energia elétrica através destas fontes na Europa nos últimos anos.

Os países da Europa têm investido nas mais diversas fontes de energia renovável, sendo o setor de eletricidade um dos principais alvos desse investimento. Prova disso, foi o crescimento de 16% na produção de eletricidade através destas fontes, registado entre 2010 e 2013. Nesse período verificou-se um aumento de produção de eletricidade de origem renovável e uma redução de produção de eletricidade de origem não renovável, conforme se pode observar na Figura 2.20, que representa a evolução da produção de eletricidade na Europa entre os anos de 2008 e 2013. Observa-se um claro crescimento na produção de eletricidade de FER de 18% em 2008 para 24% em 2013, e consequentemente um decréscimo na produção de eletricidade de fontes de energia não renovável de 82% em 2008 para 76% em 2013.

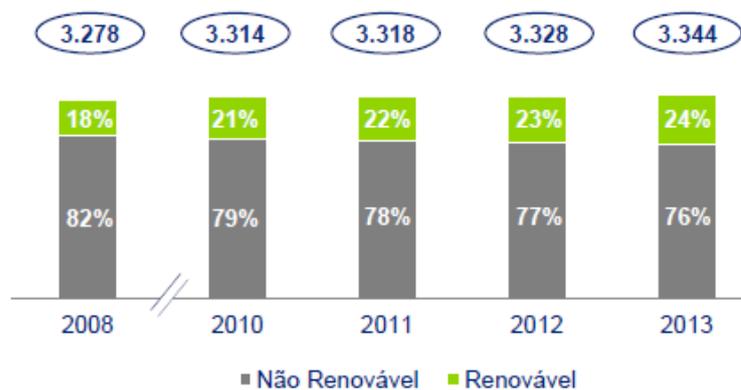


Figura 2.20 – Evolução da produção de energia elétrica na Europa em TWh, entre 2008 e 2013 [2]

Comparando o ano de 2013 com o ano 2010 verifica-se que foi produzida aproximadamente mais 16% de eletricidade de FER em 2013, sendo que as fontes Eólica, Bioenergia e Solar foram as que mais contribuíram para este aumento com mais 45%, 24% e 21% TWh produzidos, respetivamente. As FER Solar e Ondas e Marés foram as que tiveram o maior incremento relativo, registando uma produção em 2013 de mais 136% e de mais 45% do que tinham produzido em 2010 [2]. Na Figura 2.21 está representada a evolução da produção de eletricidade de FER na Europa entre 2010 e 2013, onde se pode constatar um aumento de cerca de 114 TWh de energia produzida nesses três anos, bem como as três fontes de energia renovável que mais energia produziram, que foram a Eólica, a Solar e a Bioenergia, com 60 TWh, 31 TWh e 24 TWh, respetivamente. É de destacar ainda a pequena diminuição de produção de origem Hídrica, com um decréscimo de cerca de 3 TWh, não sendo no entanto relevante dado o aumento verificado noutras fontes de energia renovável.

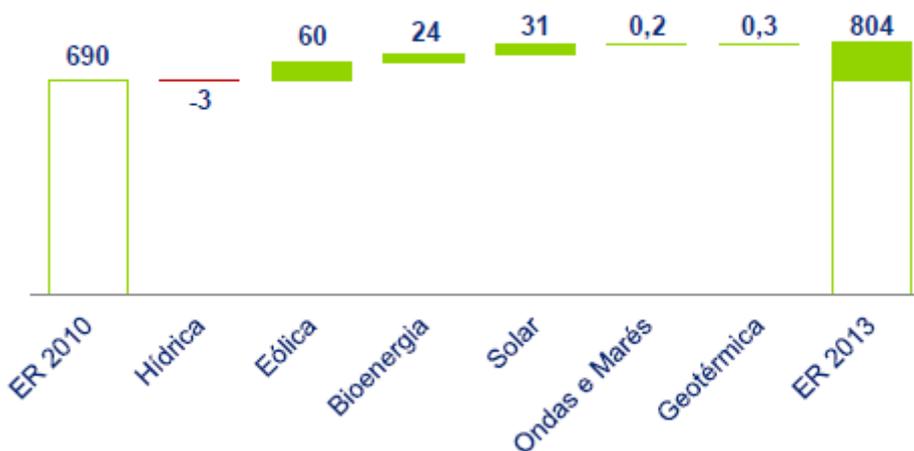


Figura 2.21 – Aumento de produção em fontes de energia renovável na Europa 2010-2013 (TWh)

[2]

A fonte de energia renovável que mais contribui para a produção de eletricidade a nível europeu foi a Hídrica. No final de 2013, o peso das diversas fontes de energia renovável utilizadas na produção de eletricidade estavam distribuídas de acordo com a Figura 2.22. Constata-se que de um total de 804 TWh de energia elétrica produzida em 2013, 45% desta energia foi proveniente da fonte Hídrica, assumindo-se esta como a principal fonte de energia elétrica renovável. Segue-se a energia Eólica com 26% e a Bioenergia com 21%. A fonte de energia Solar apresenta 7%, no entanto, conforme se verificou anteriormente esta foi uma das fontes de energia que mais aumentou a produção entre 2010 e 2013.

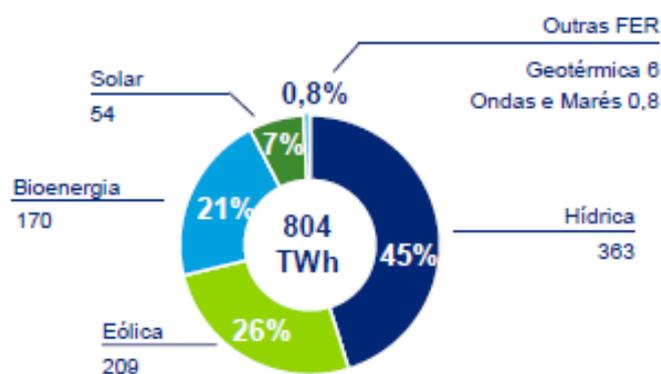


Figura 2.22 – Peso da produção de energia elétrica na Europa por fontes de energia renovável em 2013 [2]

2.5.3. PORTUGAL

Para complementar a informação anteriormente mencionada relativa à potência instalada de fontes de energia renovável em Portugal, torna-se pertinente apresentar a produção efetiva de energia elétrica através dessas fontes de energia renovável nos últimos anos. A produção de eletricidade proveniente de fontes renováveis tem assumido um papel muito relevante no sistema elétrico português.

A produção de energia elétrica em Portugal apresentou um decréscimo médio anual de 0,7% entre 2010 e 2013. Na origem desta redução de produção esteve o decréscimo de 6,0% ao ano nas energias não renováveis, que parcialmente compensado, pelo aumento de cerca de 15% da produção em FER [2]. Na Figura 2.23 encontra-se apresentada a evolução da produção de eletricidade em Portugal entre os anos 2008 e 2013. É possível observar a aposta crescente da produção de eletricidade em fontes de energia renovável que passou de 38% em 2008 para 56% em 2013 e conseqüentemente a diminuição da produção de eletricidade em fontes de energia não renovável que caiu de 62% em 2008 para 44% em 2013.

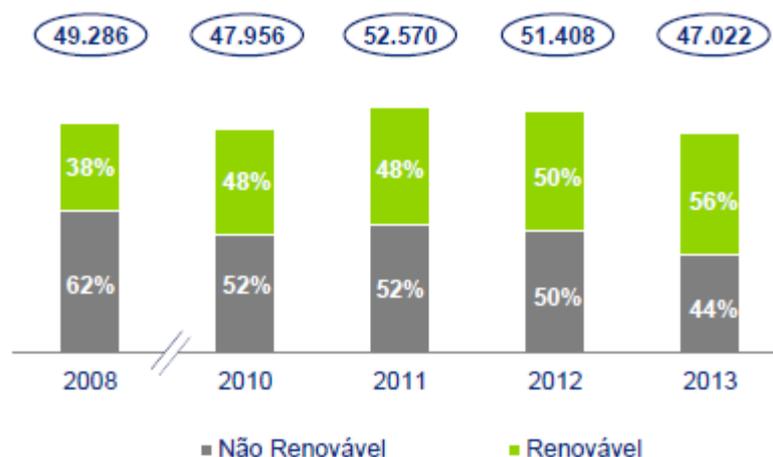


Figura 2.23 – Evolução da produção de energia elétrica em Portugal em GWh, entre 2008 e 2013 [2]

Relativamente ao aumento da produção das fontes de energia renovável em Portugal nos últimos anos, constata-se que a principal fonte responsável é a Eólica. Conforme se pode observar na Figura 2.24, entre 2010 e 2013, a fonte Eólica teve um aumento de produção de 2.647 GWh, ou seja, cerca de 80% do aumento verificado que foi de aproximadamente 3.300 GWh. A Bioenergia foi a segunda fonte que mais contribuiu para o aumento total, com cerca de 437 GWh. Em termos relativos a fonte Solar foi a que teve maior crescimento, em 2013 produziu o dobro de 2010, enquanto que a fonte Hídrica foi a única registar um decréscimo de produção, de 133 GWh entre 2010 e 2013, compensado em parte pela produção das Pequenas Centrais Hídricas (PCH) que aumentaram a produção em cerca de 104 GWh.

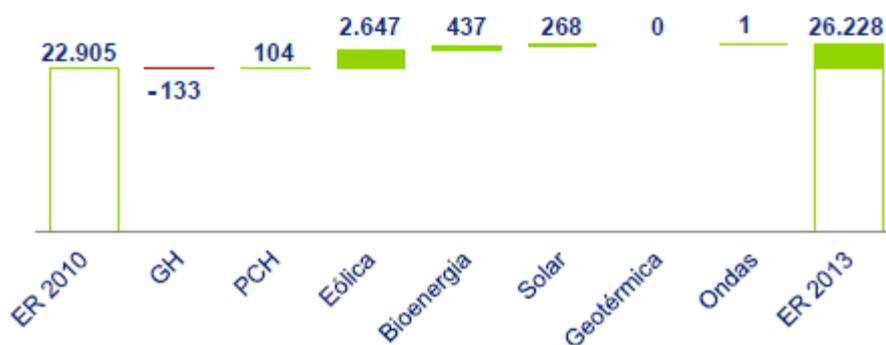


Figura 2.24 – Aumento de produção em fontes de energia renováveis em Portugal 2010-2013 (GWh) [2]

No final de 2013, a produção de eletricidade em Portugal por parte das fontes de energia renovável encontrava-se repartida de acordo com a Figura 2.25. É possível observar que as principais fontes de produção foram a Hídrica e a Eólica, com 44% e 42%, respetivamente,

de um total de 26.228 GWh produzidos. A Hídrica engloba as grandes e as pequenas centrais Hídricas. Os restantes 14% são de fontes menos representativas como é o caso da Bioenergia, Solar e outras fontes.

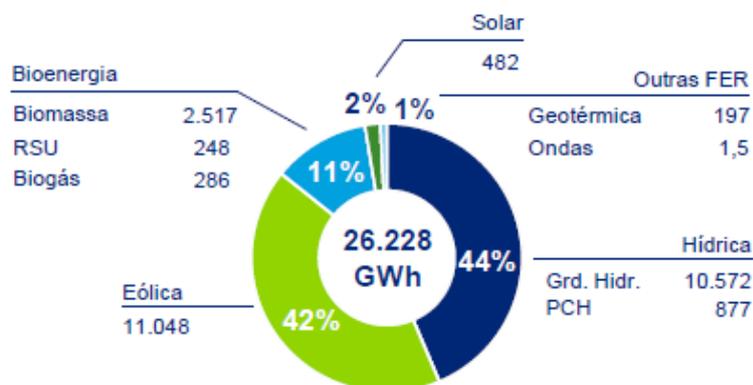


Figura 2.25 – Peso da produção de energia elétrica em Portugal por fontes de energia renovável em 2013 [2]

ENERGIA FOTOVOLTAICA

Da mesma forma que se observou um crescimento da potência fotovoltaica instalada, também a produção efetiva de eletricidade a partir da fonte fotovoltaica teve um crescimento médio anual de 30,4% entre 2010 e 2013 tendo atingido, no último ano, cerca de 482 GWh, ou seja, aproximadamente 3,6 vezes mais do que a produção de obtida em 2010. A Figura 2.26 apresenta a evolução da produção de energia elétrica a partir da fonte fotovoltaica entre 2008 e 2013.

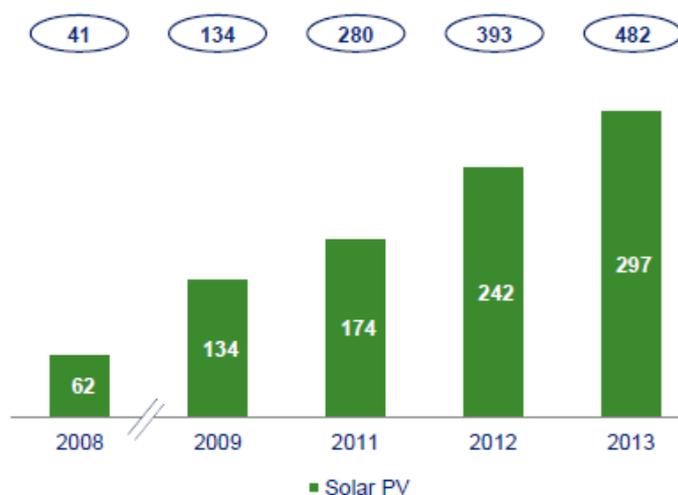


Figura 2.26 – Evolução da produção de energia fotovoltaica em Portugal em GWh, entre 2008 e 2013 [2]

A tendência de futuro para a produção de energia fotovoltaica é o crescimento, é esperado que entre 2014 e 2030 a potência instalada para produção de energia elétrica a partir de fonte fotovoltaica deverá continuar o seu crescimento alcançando mais 517 MW [2].

POTENCIAL FOTOVOLTAICO

A radiação solar é uma fonte inesgotável de energia, em cada ano, a energia irradiada no mundo é cerca de 5 mil vezes superior ao consumo de energia a nível mundial. A radiação solar recebida num local depende essencialmente da radiação incidente e da respetiva estação do ano. Em Portugal, a irradiação ronda os 1.700 kWh/m², na região Norte e os 2.000 kWh/m² na região Sul, apresentando uma produtividade anual que varia entre cerca de 1.275 kWh e 1.550 kWh considerando um sistema fotovoltaico de 1 kWp com um rácio de desempenho de 75%, conforme se pode observar na Figura 2.27 [3].

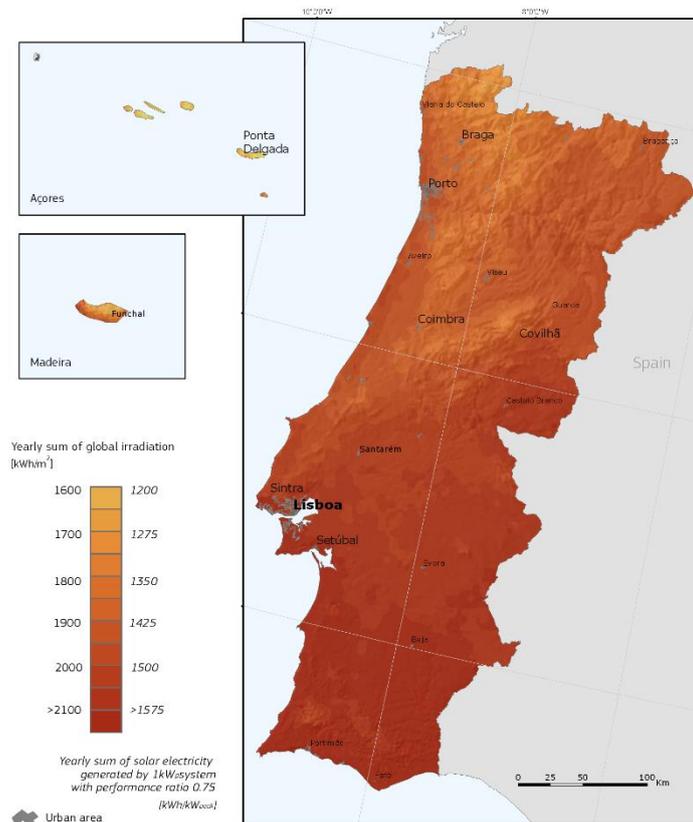


Figura 2.27 – Irradiação global e potencial elétrico solar de Portugal [3]

Neste sentido, Portugal é um dos países com maior irradiação de toda a Europa conforme se pode observar na Figura 2.28. Ao aproveitar todo o seu potencial solar poderá reduzir consideravelmente a sua dependência energética de energias não renováveis, como é o caso dos combustíveis fósseis. Este aproveitamento da energia solar poderá ser feito quer ao nível

da produção de eletricidade através de painéis fotovoltaicos, como também ao nível térmico, por exemplo, no aquecimento de águas sanitárias [4][5].

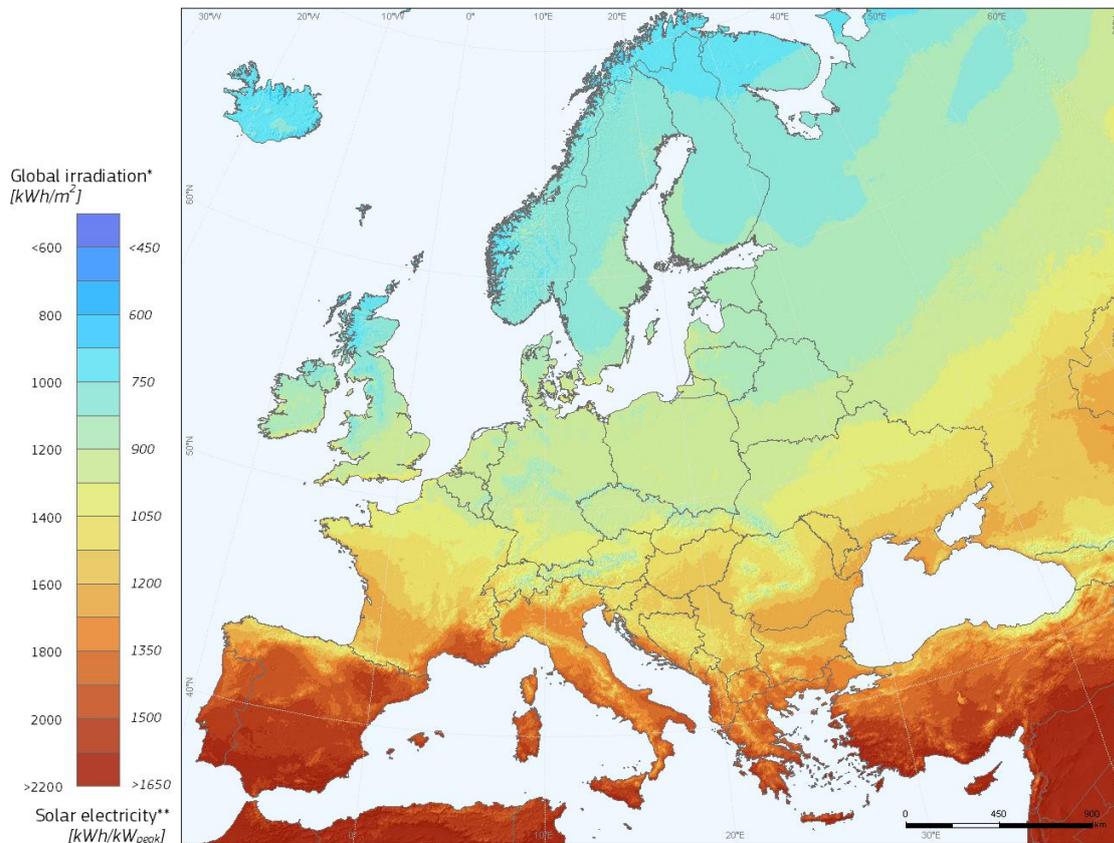


Figura 2.28 – Potencial elétrico solar fotovoltaico na Europa [3]

2.6. IMPACTO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL EM PORTUGAL

Considerando os recentes desenvolvimentos que se têm verificado na produção de eletricidade a partir de fontes de energia renovável (FER) em Portugal, cuja evolução do peso da eletricidade de origem renovável, entre 1999 e 2014, pode ser observada na Figura 2.29, bem como o recente contexto económico e financeiro do país, é importante evidenciar alguns dos impactos produzidos por esta evolução verificada no setor.

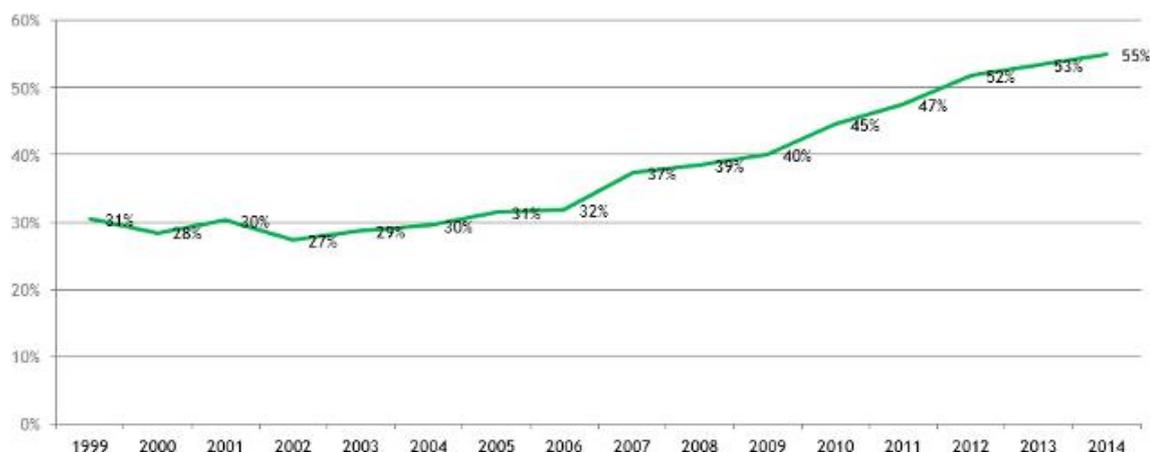


Figura 2.29 – Evolução do peso da eletricidade de origem renovável em Portugal entre 1999 e 2014 [6]

Nos últimos anos, a percentagem de energia elétrica produzida a partir de fontes de energia renovável tem aumentado significativamente, atingindo em 2014 cerca de 55% do total de energia produzido em Portugal. Este facto vem comprovar que este setor assume cada vez mais uma posição de relevo em Portugal, decorrente essencialmente de políticas de incentivo e consciencialização para as energias ditas limpas e não poluentes.

Na Figura 2.30 é possível observar a evolução da produção de eletricidade a partir de fontes de energia renovável em Portugal entre 1999 e 2014, onde se salienta o facto de a fonte renovável com maior peso na produção de eletricidade ser a Eólica. A energia Solar representa pouca produção em termos absolutos, mas em termos relativos tem apresentado um grande crescimento nos últimos anos. Note-se que nesta análise não foi considerada a produção energética das grandes centrais hídricas.

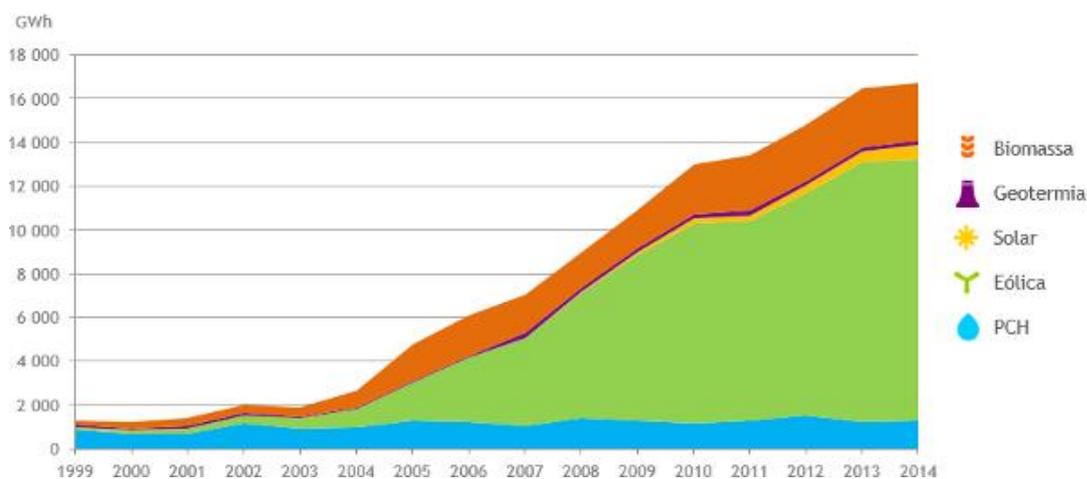


Figura 2.30 – Evolução da produção de eletricidade de fonte renovável em Portugal entre 1999 e 2014 [7]

Relativamente às diversas fontes de energia renovável torna-se importante destacar que para se alcançar um melhor aproveitamento de todas as fontes, por vezes, existe a necessidade de minimizar as variações naturais das tecnologias, dependentes muitas vezes da disponibilidade sazonal dos recursos renováveis, através da diversificação e complementaridade dessas tecnologias renováveis, como por exemplo, utilizando tecnologia fotovoltaica nos meses de verão que tem características que permitem compensar as diminuições de produção da hídrica e eólica.

Seguindo a linha de investimento no desenvolvimento de novos projetos de produção de eletricidade com base nas FER, os programas eleitorais dos partidos apresentam linhas orientadoras de aposta no crescimento das renováveis no sector de produção de eletricidade, perspetivando-se cada vez mais a descarbonização do sector, contribuindo para o desenvolvimento económico e para um melhoramento das condições ambientais.

O tema das FER representa um contributo primordial para o cumprimento das principais diretrizes europeias da política energética e ambiental, nomeadamente nas reduções de emissões de gases com efeito de estufa, como é o caso do dióxido de carbono (CO₂), no aumento da produção de energia elétrica a partir de FER e na redução da dependência energética do país.

De seguida serão apresentadas informações que comprovam a relevância alcançada pelo setor das energias renováveis no desenvolvimento sustentável de Portugal, bem como os principais impactos:

- Na economia e geração de riqueza;
- Na criação de emprego;
- Na redução da emissão de gases com efeito de estufa;
- Na redução das importações;
- Na redução da dependência energética do País.

2.6.1. IMPACTO MACROECONÓMICO E SOCIAL

Impacto do setor da eletricidade renovável no PIB:

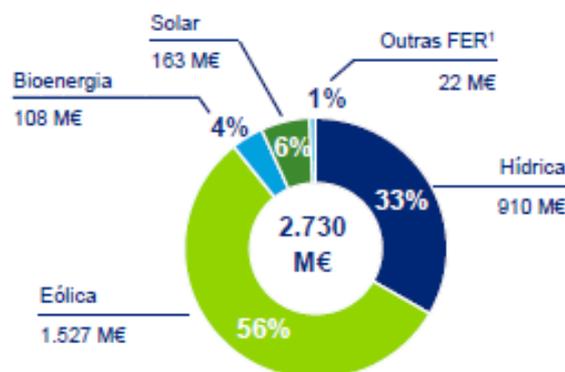
No seguimento do investimento e aposta na produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis, o setor das FER tem sido um importante contributo para a geração de riqueza em Portugal. De acordo com estudos realizados num passado recente, em 2013, o setor da produção de energia elétrica de origem renovável contribuiu com mais de 2.700 milhões de euros para o Produto Interno Bruto (PIB) português, representando cerca de 1,6% do PIB nesse ano, dos quais 55% correspondem ao impacto direto que resulta da contribuição de fabricantes e operadores. Na Figura 2.31 encontra-se representada a evolução da contribuição total do setor de eletricidade a partir de fontes de energias renováveis para o PIB português entre os anos 2010 e 2013 [2].



Figura 2.31 – Evolução da contribuição total do setor de eletricidade de fontes de origem renovável para o PIB de Portugal (milhões de euros) [2]

Do total de 2.700 milhões de euros de PIB alcançados, cerca de 1.500 milhões de euros foram provenientes da fonte Eólica e 910 milhões de euros da fonte Hídrica, sendo os restantes de fontes menos significativas. Conforme se pode observar na Figura 2.32, as fontes Eólica e Hídrica foram as que apresentaram maior contribuição para o PIB, com cerca

de 89% da contribuição do setor da produção de energia elétrica de origem renovável para o PIB.



¹ Inclui Geotérmica e Ondas

Figura 2.32 – Distribuição da contribuição total para o PIB de Portugal por parte das fontes de energia renovável em 2013 [2]

É espectável que até 2030, a contribuição do setor da produção de energia elétrica renovável continue a crescer, com uma taxa média anual de 2,6%, sendo este um crescimento mais moderado do que os 4% verificados entre 2010 e 2013. Em 2030 serão esperados mais de 4.300 milhões de euros de contribuição do setor para o PIB, continuando as fontes Eólica e Hídrica a liderar com 48% e 37% do total, respetivamente [2].

Impacto do setor de eletricidade renovável na geração de emprego:

O setor de eletricidade de origem renovável contribui de forma significativa para a criação de emprego em Portugal, em 2013 foram criados mais de 40 mil empregos. Estes podem ser classificados como empregos diretos ou indiretos, os empregos diretos foram criados através dos operadores e fabricantes presentes em Portugal, e os empregos indiretos foram criados nos restantes setores de atividade, incluindo prestadores de serviços na área da energia. A maior parte dos empregos resulta do impacto indireto noutros setores, no entanto, 7% dos empregos criados pelo setor em 2013 estavam diretamente relacionados com a sua atividade. Na Figura 2.33 encontra-se apresentada a evolução do emprego gerado direta e indiretamente pelo setor das energias renováveis. É possível observar que em 2011 houve uma ligeira quebra ao nível do emprego gerado, esta foi devida à redução do PIB das FER verificada nesse ano.



Figura 2.33 – Evolução do emprego gerado direta e indiretamente pelo setor das fontes de energias renováveis [2]

De acordo com a previsão de crescimento no setor, é espectável que em 2030 o emprego gerado alcance os 67.000 empregos, que traduz um crescimento de mais de 64% entre 2013 e 2030 [2].

2.6.2. IMPACTO AMBIENTAL

A utilização de fontes de energia renovável na produção de eletricidade é um fator extremamente importante para alcançar a redução das emissões de gases com efeito de estufa, como é o caso do dióxido de carbono (CO₂). Nos últimos anos, esse tem sido um objetivo a nível mundial, e Portugal não é exceção. Em 2013, a produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis permitiu evitar a emissão de aproximadamente 10,6 milhões de toneladas de CO₂. A Figura 2.34 apresenta o total, em milhões de toneladas, de emissões evitadas pela produção de energia elétrica em fontes de energia renovável entre 2008 e 2013. Verifica-se que neste intervalo temporal, 2011 foi o ano com maior volume de emissões evitadas (cerca de 11,8 milhões de toneladas de CO₂), isto ocorreu essencialmente devido à maior disponibilidade de potência em centrais a carvão nesse ano, que, caso não houvesse FER, teria sido utilizada para a produção de energia elétrica. Tendo o carvão um coeficiente de emissão de CO₂ superior ao gás natural, o volume de emissões evitadas nesse ano registou um pico.

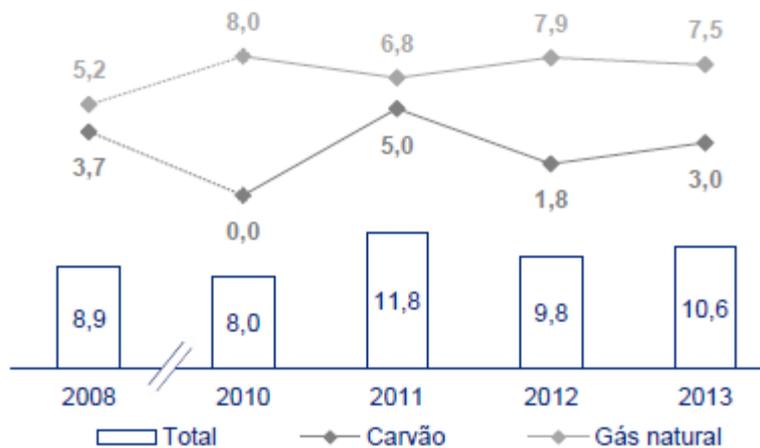


Figura 2.34 – Total de emissões evitadas pela produção em fontes de energia renovável (milhões de toneladas de CO₂) [2]

Fazendo uma análise aos custos das licenças de emissão de CO₂, com este volume de emissões evitadas foi possível fazer uma poupança de mais de 47 milhões de euros em 2013. No ano de 2014 observou-se um novo decréscimo na emissão de CO₂, a Figura 2.35 representa as emissões de dióxido de carbono provenientes do carvão e do gás natural nos anos 2013 e 2014, sendo possível constatar uma redução de emissões nas duas fontes de energia.

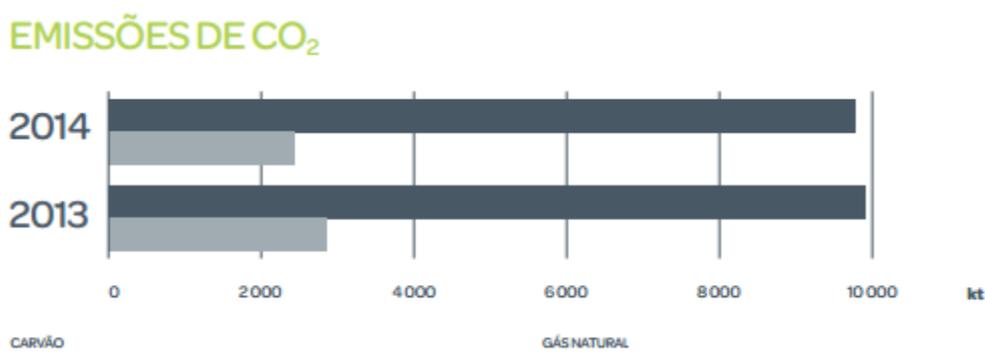


Figura 2.35 – Emissões de CO₂ em 2013 e 2014 [8]

Face ao crescimento previsto para as FER e a evolução do parque produtor não renovável, em particular a previsão de redução da potência instalada das centrais a carvão, bem como o previsível aumento do preço das licenças, as poupanças associadas às emissões irão quase quadruplicar até 2020, atingindo 187 milhões de euros. Sendo espectável que esta tendência irá continuar, estima-se que em 2030 a produção de energia elétrica a partir de FER permita reduzir a emissão de CO₂ em cerca de 12,7 milhões de toneladas, que corresponderão a uma poupança anual de 330 milhões de euros [2].

2.6.3. REDUÇÃO DA DEPENDÊNCIA ENERGÉTICA

Uma das soluções que Portugal encontrou para reduzir a sua dependência energética foi investir em energias renováveis, este investimento proporciona um impacto positivo na balança comercial e na diminuição da taxa de dependência energética. Nos últimos anos, isso tem sido conseguido, estima-se que, em 2013, o setor da energia elétrica de origem em fontes renováveis tenha contribuído para uma poupança em importações no valor de 1.479 milhões de euros, bem como para reduzir a taxa de dependência energética em 12,3 p.p., tendo esta ficado em 71,7% nesse ano. Na Figura 2.36 estão apresentados os custos totais de importações evitadas, em milhões de euros, identificados por tipo de matéria importada entre os anos de 2008 e 2013. Neste período constata-se que 2012 foi o ano com maior valor de poupança devido ao elevado coeficiente de utilização do carvão nesse ano, que resultou na necessidade de produzir energia elétrica a partir de gás natural, com um custo superior por GWh.

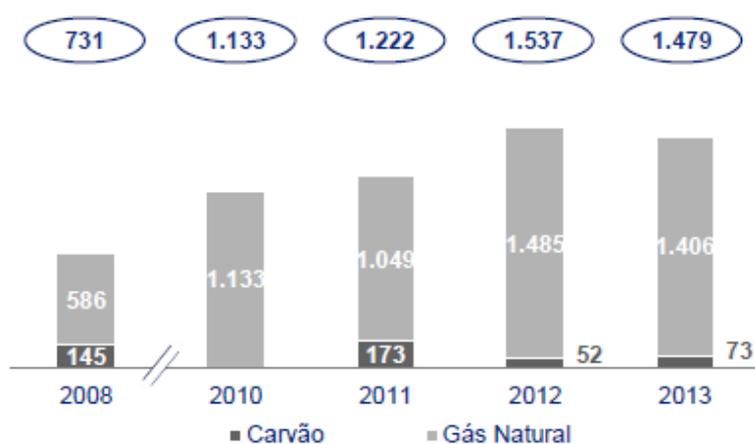


Figura 2.36 – Total de custos de importações evitadas por tipo de matéria importada (milhões de euros) [2]

A tendência de redução de dependência energética é para continuar, esperando-se que, em 2020, a contribuição da eletricidade renovável para a redução da taxa de dependência energética atinja os 15,3 p.p., tomando em consideração apenas as alterações na produção e importação/exportação de energia elétrica. Entre 2014 e 2030 este impacto continuará a aumentar, de acordo com o crescimento previsto, possibilitando uma poupança mais de 37.700 milhões de euros em importações de matérias-primas (carvão e gás natural), e alcançando uma redução de 17,3 p.p. na taxa de dependência energética do país [2].

A Tabela 2.1 apresenta um resumo dos principais impactos verificados com a aposta na produção de eletricidade a partir de Fontes de Energia Renovável (FER) em Portugal, com dados observados no ano 2010 e 2013 e resultados previsíveis para 2020 e 2030.

Tabela 2.1 – Principais impactos da aposta na produção de eletricidade a partir de fontes de energia renovável em Portugal [2]

Impactos	2010	2013	2020	2030
Contribuição para PIB (Milhões de €)	2.429	2.730	3.799	4.342
Criação de emprego (n.º de empregos criados)	41.542	40.727	58.532	66.900
Custos evitados com licenças de emissões de CO ₂ (Milhões de €)	115	47	187	330
Custos evitados em importações (Milhões de €)	1.133	1.479	2.101	2.750
Redução da taxa de dependência energética (p.p.)	9,9	12,3	15,3	17,3

2.7. CONCLUSÕES

A produção de energia através de fontes renováveis tem crescido nos últimos anos, o ano de 2014 é um bom exemplo desse crescimento, verificou-se um aumento do consumo energético a nível mundial, no entanto, pela primeira vez em quatro décadas, as emissões globais de carbono associadas ao consumo de energia mantiveram-se estáveis, com uma economia mundial em crescimento. Essa estabilização tem sido justificada pelo aumento da introdução de energias renováveis e pela melhoria da eficiência energética.

Existe globalmente uma crescente consciencialização de que o aumento de consumo das energias renováveis é fundamental para combater as alterações climáticas, criando ainda novas oportunidades e desenvolvimento económico. O crescimento das energias renováveis tem sido impulsionado por diversos fatores, incluindo as políticas de apoio e a crescente competitividade ao nível do preço da energia quando comparada com as fontes de energia convencionais.

O mercado europeu continua a ser um dos mais importantes e com maior crescimento no que diz respeito às energias renováveis, no entanto em 2014 foi a China quem liderou a capacidade instalada em novas instalações de energia renovável, com países como o Brasil,

Índia e África do Sul a registarem também um grande aumento de capacidade em fontes de energia renovável.

Em Portugal, ao longo da última década, as energias renováveis têm assumido um papel cada vez mais importante na economia, este setor continua a demonstrar um forte crescimento a nível mundial e Portugal tem sido um bom exemplo disso. A aposta nas energias renováveis é uma das formas de reduzir da dependência energética do país e contribui para o aumento da concorrência na geração de eletricidade. Torna-se importante referir que o investimento em energias renováveis promove a criação de emprego especializado e contribui para a implementação de um modelo de produção distribuída, que aproxima a produção de energia elétrica às instalações de consumo, incentivando desta forma os consumidores a produzirem a sua própria energia.

3. ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO

3.1. INTRODUÇÃO

A possibilidade de produção distribuída por parte dos pequenos consumidores tornou real a hipótese de estes serem simultaneamente produtores e consumidores de energia elétrica. Desta forma, a ordem clássica da cadeia de valor do sistema elétrico, nomeadamente, Produção, Transporte, Distribuição e Comercialização, sofreu alterações na medida em que o consumidor final pode produzir energia e injetá-la diretamente na rede elétrica. Esta produção de energia próxima do ponto de consumo reduz as perdas na rede e promove a capacidade de produção renovável, tipicamente de origem solar, e proveniente de recursos endógenos.

Nos últimos anos têm existido, em Portugal, políticas de incentivo ao investimento em fontes de energia renovável, nomeadamente no setor fotovoltaico. Existe uma tentativa de dinamização da atividade de produção distribuída, de forma a assegurar a sustentabilidade técnica e económica do sistema elétrico nacional, evitando desta forma possíveis sobrecustos para o sistema. Neste sentido torna-se importante fazer um enquadramento geral legislativo no setor fotovoltaico, que ajude a clarificar toda a legislação desde o surgimento da produção descentralizada até ao atual enquadramento.

3.2. LEGISLAÇÃO FOTOVOLTAICA

A figura de pequeno produtor de energia elétrica está desde à muito reconhecida no ordenamento jurídico português. A lei n.º 2002, de 26 de Dezembro de 1944, que promulgou a eletrificação de Portugal já tinha uma ressalva referente a essa matéria, reconhecendo que se tratava de uma realidade a ter em conta em termos jurídicos. O próprio diploma que deu origem à empresa pública Eletricidade de Portugal (EDP), Decreto-Lei n.º 502/76, de 30 de Junho, posteriormente alterado pelo Decreto-Lei n.º 427/82, de 21 de Outubro já previa a figura de pequeno produtor no seu artigo 2.º, n.º 4. No entanto, a figura de pequeno produtor foi sofrendo alterações, motivadas principalmente pelos “choques petrolíferos” que evidenciaram o carácter finito da fonte de energia mais utilizada, tornando necessária a diversificação das fontes de energia.

O Decreto-Lei n.º 189/88, de 27 de Maio estabeleceu normas relativas à atividade de produção de energia elétrica por pessoas singulares ou por pessoas coletivas de direito público ou privado. Estas normas definiam que o estabelecimento industrial de produção de energia, no seu total, não ultrapassasse a potência aparente instalada de 10.000 kVA e que fossem utilizados recursos renováveis, combustíveis portugueses ou resíduos industriais, agrícolas ou urbanos, ou então instalações de cogeração, sendo que estas não tinham limite de potência [9].

Em 2001, através do programa aprovado na Resolução do Conselho de Ministros n.º 154/2001, de 19 de Outubro ficou definido que a valorização das energias endógenas ofereciam um potencial que permitiria quase duplicar a potência disponível naquela altura, que seria explorada sob as formas de energia eólica, hídrica, biomassa, solar (fotovoltaica e térmica) e também de energia das ondas, num horizonte de 10 a 15 anos, que impulsionaria a atividade económica de Portugal. Esta diretriz estava em sintonia com os objetivos da União Europeia relativos a esta matéria, consagrados em diversos documentos, nomeadamente na diretiva relativa à promoção da eletricidade produzida a partir de fontes renováveis de energia. Com este programa denominado Programa E4 - Eficiência Energética e Energias Renováveis pretendia-se ultrapassar os desequilíbrios estruturais de Portugal na área da energia, potenciar a concretização do mercado interno da energia da União Europeia, agilizar o sistema energético português, promover um vasto leque de medidas de eficiência energética e facilitar o acesso e o desenvolvimento da produção de eletricidade por vias progressivamente mais limpas e renováveis [10].

Com a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 68/2002 de 25 de Março foi regulada a atividade de produção de energia elétrica e potência em baixa tensão (microprodução), criando assim, no Sistema Elétrico Independente (SEI), a figura de produtor consumidor de energia elétrica em baixa tensão, destinada essencialmente ao consumo próprio, sem prejuízo de poder entregar a produção excedente à rede pública ou a terceiros, com o limite de 150 kW de potência no caso de ser entregue à rede pública. Este Decreto-Lei não teve a adesão esperada, e passados cinco anos após a sua entrada em vigor, o governo português viu-se na necessidade de publicar um novo regulamento sobre microprodução, através do Decreto-Lei n.º 363/2007 de 2 de Novembro. O fracasso do Decreto-Lei n.º 68/2002 deveu-se essencialmente aos elevados custos de instalação de unidades de produção descentralizada comparativamente com os preços de energia praticados na altura [11].

3.2.1. MICROPRODUÇÃO E MINIPRODUÇÃO

O Decreto-Lei n.º 363/2007 veio simplificar de forma significativa o regime de licenciamento existente, substituindo-o por um regime de simples registo eletrónico, sujeito a inspeção de conformidade técnica. A entrega e a análise de projeto foram substituídas pela criação de uma base de dados de elementos pré definida que o produtor teria de respeitar. Foi criado o Sistema de Registo da Microprodução (SRM), que consistia numa plataforma eletrónica de interação com os produtores, no qual era feito todo o relacionamento necessário com a Administração. Foi ainda previsto um regime simplificado de faturação e de relacionamento comercial, evitando-se a emissão de faturas e acertos de IVA pelos particulares, que, para esse efeito, foram substituídos pelos comercializadores. Desta forma, o microprodutor recebia ou pagava através de uma única transação, pelo valor líquido dos recebimentos relativos à eletricidade produzida e dos pagamentos relativos à eletricidade consumida [12].

Com este Decreto-Lei foram criados dois regimes de remuneração: o regime geral e o bonificado. No regime geral, para a generalidade das instalações, a capacidade máxima instalada era de 5,75 kW e a tarifa era igual ao custo da eletricidade vendida sob o contrato de compra. O regime bonificado, apenas aplicável às fontes renováveis de energia, cujo acesso era condicionado à existência no local de consumo de coletores solares térmicos, no caso de produtores individuais, e da realização de auditoria energética e respetivas medidas, no caso de condomínios. Neste, os produtores podiam injetar até 50% da energia mencionada no contrato de compra, limitada a 3,68 kW. O incentivo associado à venda de eletricidade

era, assim, utilizado para promover a água quente solar, complementando o Decreto-Lei n.º 80/2006, de 21 de Abril, que estabeleceu a obrigatoriedade de instalação destes sistemas nos novos edifícios. Este Decreto-Lei veio dar expressão a duas das medidas contempladas na Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005, de 24 de Outubro, que aprovou a Estratégia Nacional para a Energia, no que respeita às linhas de orientação política sobre renováveis e eficiência energética [12].

Em 8 de Março de 2011 surgiu o Decreto-Lei n.º 34/2011, cujo objetivo era colocar Portugal na liderança global na fileira industrial das energias renováveis, apostando na produção descentralizada de energia. Este Decreto-Lei estabeleceu o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade por intermédio de instalações de pequena potência, designadas por miniprodução. Esta era uma atividade de pequena escala de produção descentralizada de eletricidade, apresentando uma potência máxima de 250 kW, recorrendo a recursos renováveis e vendendo eletricidade à rede pública, na condição que exista consumo efetivo de eletricidade no local de instalação. A miniprodução não podia no entanto exceder metade da potência contratada para consumo com o comercializador [13].

Os Decretos-Lei mais relevantes em termos de legislação relativa unidades de produção descentralizada foram o Decreto-Lei n.º 363/2007 de 2 de Novembro que estabeleceu o regime jurídico das unidades de microprodução e o Decreto-Lei n.º 34/2011 de 8 de Março que estabeleceu o regime jurídico sobre miniprodução. Na Tabela 3.1 é possível observar um resumo do enquadramento legislativo de microprodução e miniprodução em vigor em Setembro de 2014.

Tabela 3.1 – Enquadramento legislativo: Microprodução e Miniprodução [14]

Microprodução (DL 363/2007) ³	Miniprodução (DL 34/2011) ⁴
<ul style="list-style-type: none"> • Produção descentralizada de pequena escala através de fontes renováveis até 3,68 kW (regime bonificado), 5,75 kW (regime geral) e 11,04 kW (condomínios); • Potência máxima correspondente a metade da potência contratada na unidade de consumo associada; • Totalidade da energia produzida é vendida à rede; • Existência de dois regimes remuneratórios: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Geral: tarifa revista anualmente à inflação, até entrada de novo diploma; ▪ Bonificado: Tarifa fixa atribuída por registo; • Obrigatoriedade de instalação de pelo menos 2 m² de coletores solares térmicos ou caldeira a biomassa; • Realização de auditoria energética e implementação de medidas para condomínios. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produção descentralizada de pequena escala até 250 kW; • Fontes de energia renováveis; • Potência máxima inferior a metade da potência contratada na unidade de consumo associada; • Energia produzida não pode ser superior ao dobro da energia consumida na unidade associada; • Totalidade da energia produzida é vendida à rede; • Existência de dois regimes remuneratórios: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Geral (“pool”); ▪ Bonificado (FiT atribuída em leilão); • 3 Escalões de potência: I – até 20 kW, II – 20 kW-100 kW e III – 100 kW-250 kW; • Potência anual atribuída com quota máxima; • Realização de auditoria energética.

A capacidade total instalada até ao final de 2014, referente à microprodução e miniprodução era de 156 MW, num total de 27.525 registos, sendo que 154,2 MW eram provenientes de energia solar fotovoltaica, num total de 27.342 registos [15].

As tarifas para o regime bonificado aplicáveis à microprodução e à miniprodução eram definidas todos os anos pela Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG).

³ Alterado pelo Decreto-Lei n.º 25/2013 de 19 de Fevereiro, Decreto-Lei n.º 363/2007, de 2 de Novembro, alterado pela Lei n.º 67-A/2007, de 31 de Dezembro, e pelo Decreto-Lei n.º 118-A/2010, de 25 de Outubro.

⁴ Alterado pelo Decreto-Lei n.º 25/2013 de 19 de Fevereiro.

A Figura 3.1 demonstra a evolução da potência instalada e do número de instalações de microprodução feitas entre 2008 e 2014, ou seja, desde a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 363/2007. Pode-se observar que em 2008 foram instalados apenas 1.839 kW, este valor demonstra que no primeiro ano as instalações surgiram a um ritmo lento. Este facto pode ser justificado pelo elevado preço das tecnologias associadas a este tipo de instalações e também pelo número reduzido de entidades instaladoras. Até ao ano de 2011 foi notório o crescimento do número de instalações e de potência instalada. Este crescimento teve como base a redução do preço e amadurecimento das tecnologias associadas, o aparecimento de novas entidades instaladoras, bem como a divulgação feita por essas entidades. Após o ano de 2011, verifica-se um notório decréscimo no número de instalações e potência instalada, este deve-se essencialmente à redução das tarifas remuneratórias recebidas pelos produtores e também ao aumento da taxa do IVA para 23% aplicado aos equipamentos de utilização de energias renováveis, que até à data era de 13% [15].

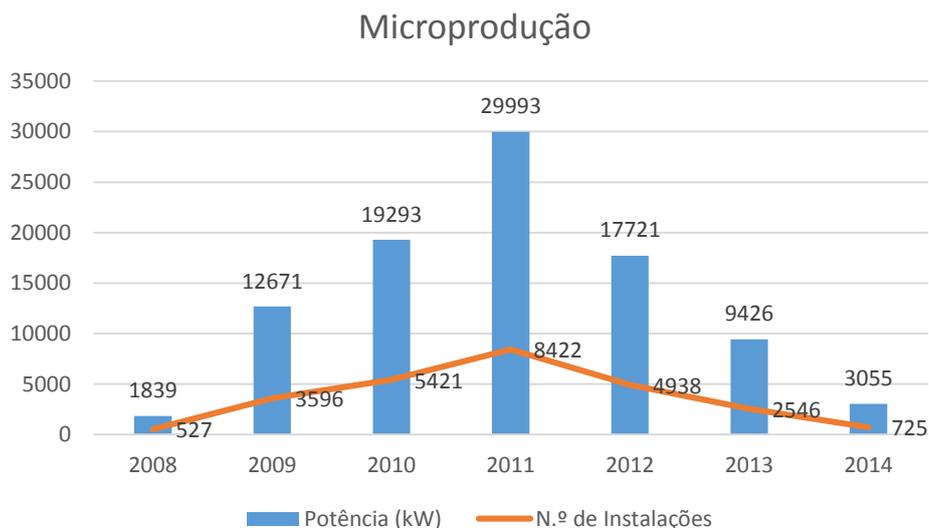


Figura 3.1 – Microprodução – Potência instalada e n.º de instalações (2008-2014) [14][15]

A miniprodução teve o seu aparecimento em 2011, a Figura 3.2 demonstra a evolução da potência instalada e do número de instalações de miniprodução feitas entre 2011 e 2014, ou seja, desde a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 34/2011. Pode-se observar que houve um ligeiro acréscimo da potência instalada e do número de instalações entre o ano de 2012 e 2013, verificando-se uma redução em 2014. Esta redução pode ser justificada pela redução das tarifas remuneratórias recebidas pelos produtores.

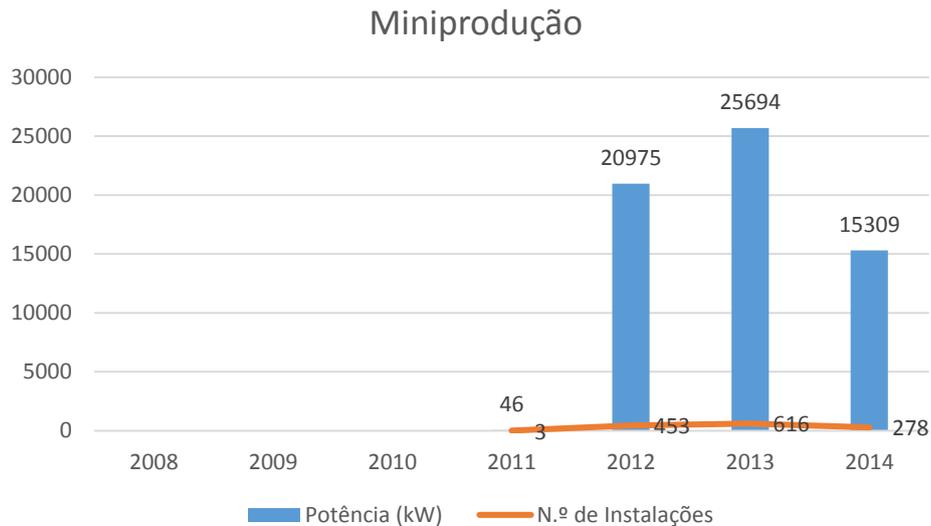


Figura 3.2 – Miniprodução – Potência instalada e n.º de instalações (2008-2014) [14][15]

De forma a uma possibilitar uma análise geral do total de potência instalada e do número de instalações em microprodução e miniprodução, na Figura 3.3 apresentam-se esses somatórios entre 2008 e 2014.

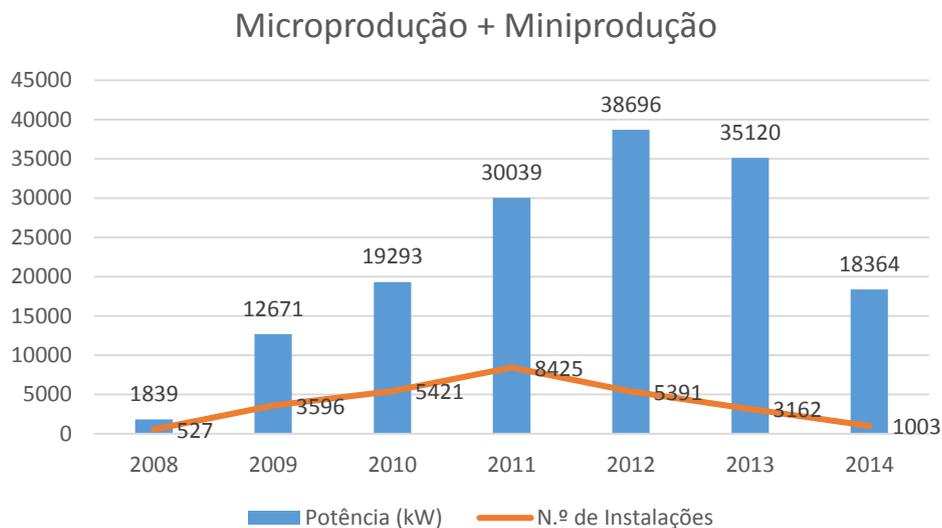


Figura 3.3 – Microprodução + Miniprodução – Potência instalada e n.º de instalações (2008-2014)

A Tabela 3.2 apresenta os preços por MWh em regime bonificado praticados entre 2008 e 2014 para os regimes de microprodução e miniprodução. Conforme se pode observar estas tarifas foram sendo reduzidas anualmente, o que pode justificar a redução do número de instalações feitas nos últimos anos.

Tabela 3.2 – Preço da tarifa por MWh em regime bonificado

Ano	Microprodução Tarifa Bonificada (€/MWh)	Miniprodução Tarifa Bonificada (€/MWh)
2008	650 ¹	-
2009	617 ¹	-
2010	400 ² /240 ³	250 ⁴
2011	380 ² /220 ³	232 ⁴
2012	326 ² /185 ³	215 ⁴
2013	196 ² /164 ³	151 ⁴
2014	66 ² /145 ³	106 ⁴

Onde:

1-Tarifa válida para os primeiros 6 anos de operação.

2-Tarifa praticada nos primeiros 8 anos.

3-Tarifa praticada 7 anos seguintes.

4-Nos escalões II e III a atribuição da tarifa é efetuada por leilão com descontos ao valor de referência.

3.3. DECRETO-LEI N.º 153/2014 – AUTOCONSUMO

No final de 2014, a atividade de produção descentralizada de energia elétrica era regulada pelo Decreto-Lei n.º 34/2011, de 8 de Março, alterado pelo Decreto-Lei n.º 25/2013, de 19 de Fevereiro, que estabeleceu o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade, a partir de recursos renováveis, através de unidades de miniprodução, e pelo Decreto Lei n.º 363/2007, de 2 de Novembro, alterado pela Lei n.º 67-A/2007, de 31 de Dezembro e pelos Decretos-Lei números 118-A/2010, de 25 de Outubro, e 25/2013, de 19 de Fevereiro, que estabeleceu o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade por intermédio de unidades de microprodução. Ambos os regimes impunham um contrato de fornecimento de eletricidade celebrado com um comercializador e a uma instalação de utilização de energia elétrica com consumo efetivo, estes permitiam a venda total da energia produzida à rede elétrica de serviço público (RESP), sendo esta remunerada através do regime geral ou do regime bonificado [16].

A produção descentralizada através de unidades de microprodução e miniprodução provou que a evolução tecnológica permitiria a curto prazo desenvolver projetos recorrendo a menor investimento, o que, justificou o decréscimo da respetiva remuneração da energia proveniente destas unidades de produção. Assim, o governo português procurou promover a atividade de produção em autoconsumo especialmente em consumidores de baixa tensão, incitando comportamentos de eficiência energética e contribuindo ainda para a otimização dos recursos endógenos e para a criação de benefícios técnicos para a RESP, nomeadamente através da redução de perdas na mesma. Neste contexto foi desenvolvido o Decreto-Lei n.º 153/2014 de 20 de Outubro.

O Decreto-Lei n.º 153/2014 tem como principal objetivo estabelecer o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade, destinada ao autoconsumo na instalação de utilização associada à respetiva unidade produtora, com ou sem ligação à rede elétrica de serviço público, baseada em tecnologias de produção renováveis ou não renováveis, designadas por Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC), e estabelece ainda o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade, vendida na sua totalidade à rede elétrica de serviço público (RESP), por intermédio de instalações de pequena potência, a partir de recursos renováveis, designadas por Unidades de Pequena Produção (UPP).

Com este novo diploma, o governo português pretende alcançar os seguintes objetivos [16]:

- Dinamização da atividade de produção distribuída, de forma a assegurar a sustentabilidade técnica e económica do sistema elétrico nacional;
- Garantia de desenvolvimento de novas instalações de produção distribuída dimensionadas de forma a fazer face às necessidades de consumo local;
- Redução da ideia de negócio associada ao regime de microprodução, onde se verificava um sobredimensionamento das centrais de produção, que incorrem em sobrecustos para o sistema elétrico nacional.

3.3.1. CONDIÇÕES DE ACESSO E DE EXERCÍCIO DA ATIVIDADE

O Decreto-Lei n.º 153/2014 regula que a atividade de produção de energia elétrica é livre, no entanto, tem que ser instalada no mesmo local servido pela instalação de utilização de energia elétrica, está sujeita a registo prévio e é necessária a obtenção de um certificado de exploração para a sua entrada em exploração, com a ressalva de algumas exceções e considerações [16]:

- A instalação e entrada em exploração de uma UPAC com potência instalada superior a 1 MW carecem de licença de produção e de licença de exploração, respetivamente;
- A pluralidade de registos de UP em nome do mesmo produtor é possível desde que a cada instalação de utilização só esteja associada uma única UP em nome do mesmo produtor;
- A UPAC cuja potência instalada seja superior a 200 W e igual ou inferior a 1,5 kW ou cuja instalação elétrica de utilização não se encontre ligada à RESP está sujeita a mera comunicação prévia de exploração;
- A UPAC cuja potência instalada seja igual ou inferior a 200 W está isenta de controlo prévio;
- O titular de uma UPAC que pretenda fornecer energia elétrica não consumida na instalação elétrica de utilização cuja potência instalada seja igual ou inferior a 1,5 kW, está sujeito a registo prévio e à obtenção de certificado de exploração, bem como às demais normas aplicáveis aos produtores;
- O detentor de uma instalação elétrica de utilização sem ligação à RESP associada a uma unidade de produção que, independentemente da potência instalada, utiliza fontes de energia renovável, e pretenda transacionar garantias de origem, está sujeito a registo prévio e à obtenção de certificado de exploração, bem como às demais normas aplicáveis aos produtores, com as devidas adaptações.

3.3.2. REQUISITOS DE ACESSO AO REGISTO

O registo de uma UP pode ser feito por pessoa singular ou coletiva, bem como por condomínios organizados em propriedade horizontal, desde que estes cumpram certos requisitos, onde se destacam os seguintes [16]:

- Necessidade de uma instalação de utilização de energia elétrica e, caso a instalação se encontre ligada à RESP, seja titular de contrato de fornecimento de energia celebrado com um comercializador de eletricidade;
- A potência de ligação da UP seja menor ou igual a 100% da potência contratada no contrato de fornecimento de energia;
- Na UPAC, a potência instalada não seja superior a duas vezes a potência de ligação;
- Na UPP, a energia consumida na respetiva instalação de utilização seja igual ou superior a 50% da energia produzida pela respetiva unidade;

- Se a instalação elétrica de utilização se encontrar ligada à RESP, o promotor deve proceder a uma averiguação das condições técnicas de ligação no local onde pretende instalar a UP.

3.3.3. DIREITOS DO PRODUTOR

Para executar a atividade de produção de eletricidade para autoconsumo o produtor possui direitos, entre os quais se destacam os seguintes [16]:

- Estabelecer uma UPAC por cada instalação elétrica de utilização, recorrendo a uma qualquer mistura de fontes de energia, renováveis e não renováveis;
- Ligar a UPAC à instalação elétrica de utilização após a emissão do correspondente certificado de exploração definitivo, quando tal for aplicável;
- Consumir, na instalação elétrica de utilização onde se encontra instalada a UPAC, a eletricidade gerada nesta, e exportar eventuais excedentes para a RESP;
- Se aplicável, celebrar contrato de venda da eletricidade proveniente da UPAC não consumida na instalação elétrica de utilização de eletricidade;
- Solicitar a emissão de Garantias de Origem (GO) à Entidade Emissora de Garantias de Origem (EEGO) relativas à eletricidade produzida na UPAC e autoconsumida, proveniente de fontes renováveis.

3.3.4. DEVERES DO PRODUTOR

Para além de direitos, o produtor tem alguns deveres no exercício da atividade de produção de eletricidade, onde se destacam os seguintes [16]:

- Suportar o custo das alterações da ligação da instalação elétrica de utilização à RESP, de acordo com os termos do Regulamento de Relações Comerciais e do Regulamento Técnico e de Qualidade da Produção Elétrica para Autoconsumo;
- Quando aplicável, suportar o custo associado aos contadores que medem o total da eletricidade produzida pela UPAC, bem como o total da eletricidade injetada na RESP;
- Pagar a compensação devida pela UPAC;
- Dimensionar a UPAC de forma a garantir a aproximação, sempre que possível, da energia elétrica produzida com a quantidade de energia elétrica consumida na instalação elétrica de utilização;

- Prestar à Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), ou a entidade delegada, todas as informações e dados técnicos, que lhe sejam solicitadas;
- Celebrar um seguro de responsabilidade civil para a reparação de danos corporais ou materiais causados a terceiros em resultado do exercício das atividades de produção de eletricidade para autoconsumo;
- Assegurar que os equipamentos de produção instalados se encontram certificados.

3.3.5. ATRIBUIÇÕES E COMPETÊNCIAS

A entidade responsável pela decisão, coordenação e acompanhamento da atividade de produção de energia, nos termos previstos no Decreto-Lei n.º 153/2014, é a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG). Esta apresenta várias competências, das quais se podem salientar as seguintes [16]:

- Criar, manter e gerir o Sistema Eletrónico de Registo de Unidades de Produção (SERUP);
- Autorizar o registo da UP e realizar as inspeções necessárias à emissão do certificado de exploração;
- Controlar a emissão dos certificados dos equipamentos fornecidos pelos fabricantes, importadores, fornecedores, seus representantes e entidades instaladoras;
- Manter uma base de dados atualizada sobre todos os registos e instalações em exploração.

3.3.6. CONTAGEM NAS UNIDADES DE PRODUÇÃO DE AUTOCONSUMO

A contagem da eletricidade total produzida pela UPAC é obrigatória quando se verificarem as seguintes situações:

- Potência instalada é superior a 1,5 kW e a instalação de utilização se encontre ligada à RESP;
- Qualquer que seja a potência instalada desde que se pretenda efetuar a venda do excedente de produção à RESP;
- Quando se pretende transacionar Garantias na Origem.

A contagem da energia elétrica produzida por uma UPAC é feita por um equipamento que possibilite telecontagem. A contagem da energia fornecida pela UPAC à RESP e da energia

comprada ao comercializador pode ser executada pelo mesmo equipamento desde que este esteja preparado para medir a contagem nos dois sentidos [16].

A Figura 3.4 apresenta o modelo de funcionamento para os casos em que exista contagem nas unidades de produção de autoconsumo.

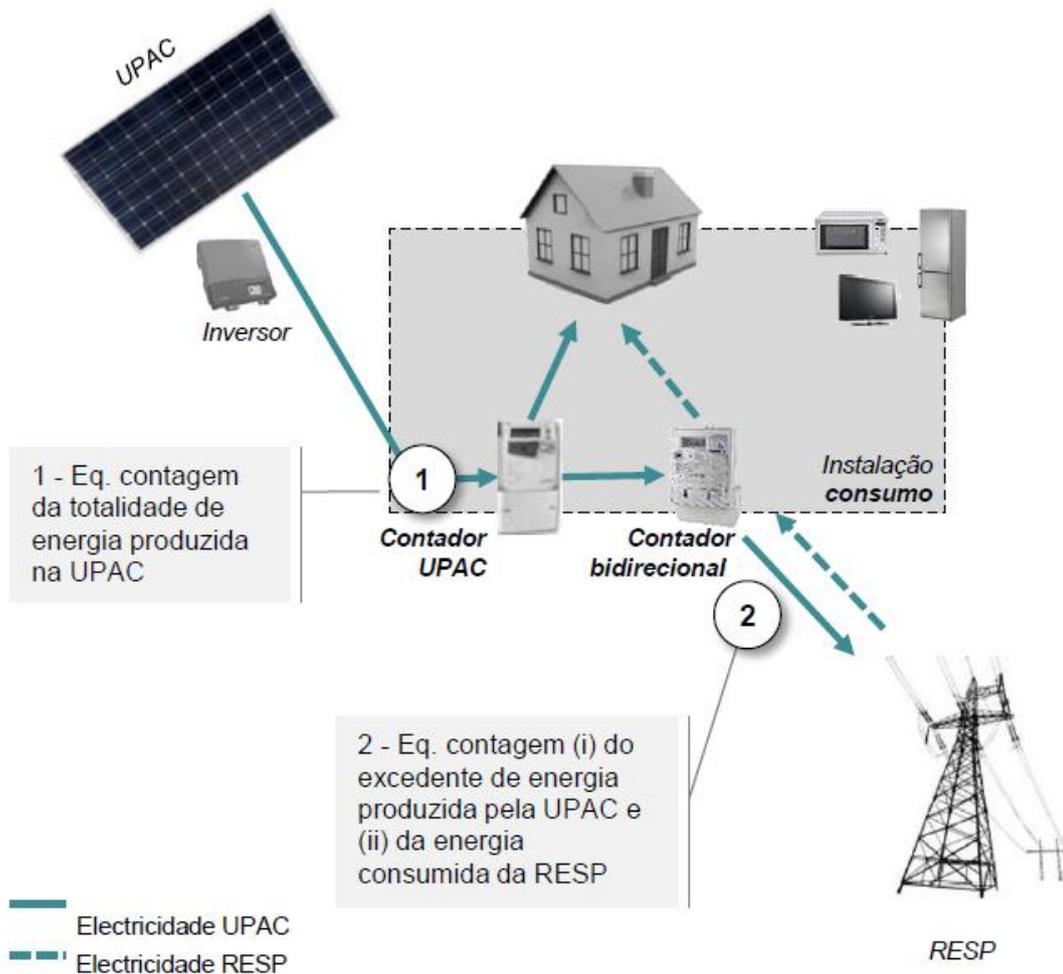


Figura 3.4 – Modelo de funcionamento quando exista contagem nas unidades de produção de autoconsumo [14]

3.3.7. REMUNERAÇÃO DA ENERGIA PROVENIENTE DAS UNIDADES DE PRODUÇÃO PARA AUTOCONSUMO

O excedente de energia elétrica produzido nas unidades de autoconsumo que é injetado na RESP pode ser vendido a um preço calculado de acordo com a seguinte expressão [16]:

$$R_{UPAC,m} = E_{fornecida,m} \times OMIE_m \times 0,9 \quad (\text{Eq.1})$$

Onde:

- a) $R_{UPAC,m}$ – Remuneração da eletricidade fornecida à RESP no mês “m”, em €;

- b) $E_{fornecida,m}$ – Energia fornecida no mês “m”, em kWh;
- c) $OMIE_m$ – Valor resultante da média aritmética simples dos preços de fecho do Operador do Mercado Ibérico de Energia (OMIE) para Portugal (mercado diário), relativos ao mês “m”, em €/kWh;
- d) m – Mês a que se refere a contagem da energia elétrica fornecida à RESP.

A Figura 3.5 apresenta o preço médio da cassação do mercado diário do OMIE para Portugal de 2013 a Setembro de 2015. No ano de 2013 o preço médio foi de 0,044 €/kWh, apresentando um mínimo de 0,016 €/kWh no mês de Abril e um máximo de 0,063 €/kWh no mês de Dezembro. Em 2014, o preço médio foi de 0,042 €/kWh, apresentando um mínimo de 0,015 €/kWh no mês de Fevereiro e um máximo de 0,059 €/kWh no mês de Setembro. Durante os primeiros nove meses do presente ano de 2015, o preço médio ronda os 0,050 €/kWh. De acordo com a equação da remuneração da energia proveniente das unidades de produção para autoconsumo verifica-se que o sobredimensionamento das UPAC com o objetivo de vender o excedente de energia à RESP, se torna num investimento pouco atrativo tendo em conta a remuneração que é recebida.

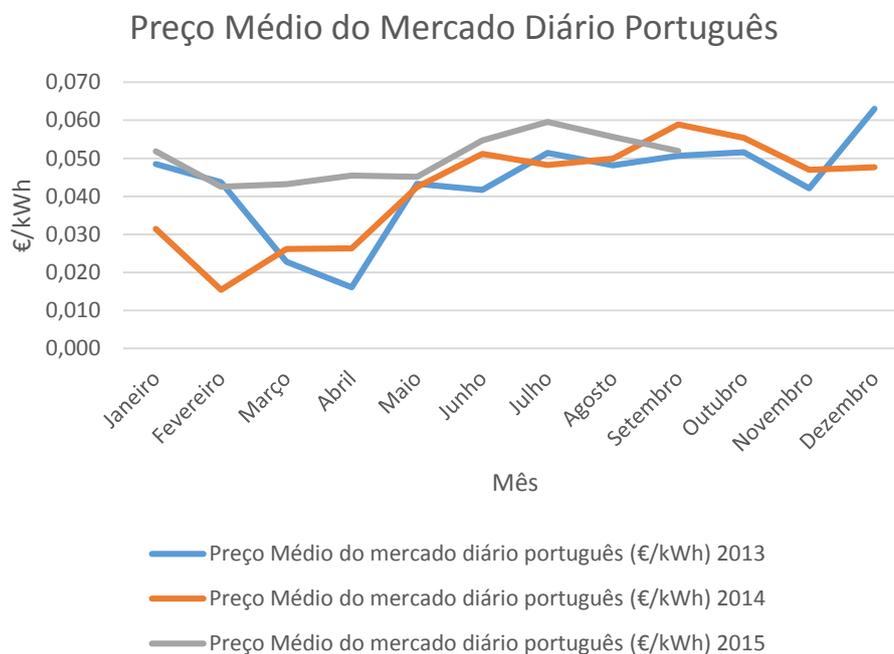


Figura 3.5 – Preço médio da cassação do mercado diário do OMIE para Portugal (2013,2014 e 2015) [17]

3.3.8. PROCESSO DE LICENCIAMENTO

As UPAC com potência superior a 1,5 kW ligadas à RESP e as UPAC de potência inferior com venda de excedente à rede carecem de um processo de licenciamento. Este processo é constituído por diversas etapas representadas na Figura 3.6.

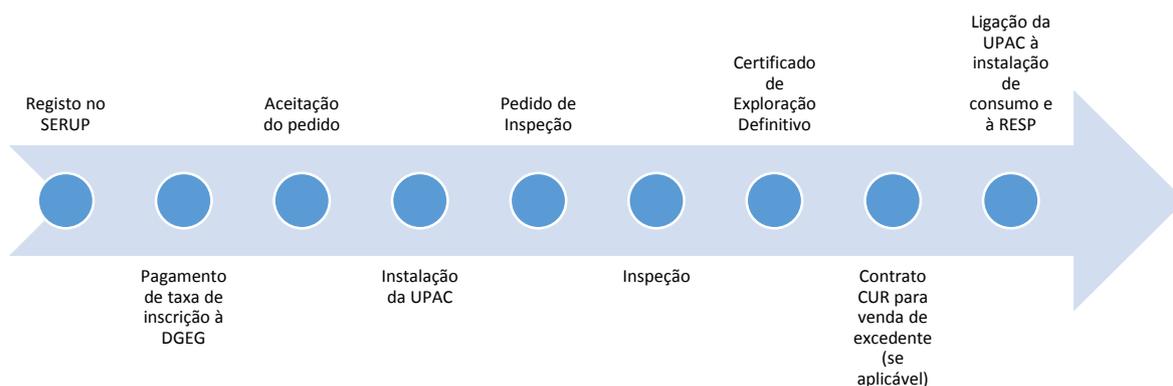


Figura 3.6 – Processo de licenciamento de UPAC

O registo da UPAC é feito usando a plataforma eletrónica SERUP gerido pela DGEG e este deve ser realizado pelo proprietário da instalação de consumo. As UPAC com potências inferiores a 200 W não necessitam de registo, com potências entre 200 W e 1,5 kW, ou cuja instalação de consumo não se encontre ligada à RESP (em regime de ilha), apenas necessitam de mera comunicação prévia de exploração. As UPAC com potências superiores a 1 MW necessitam de licença de produção e licença de exploração nos termos da legislação em vigor.

3.3.9. COMPENSAÇÃO DEVIDA PELAS UNIDADES DE PRODUÇÃO PARA AUTOCONSUMO

As UPAC cuja instalação elétrica de utilização se encontre ligada à RESP e com potência instalada superior a 1,5 kW, estão sujeitas ao pagamento de uma compensação mensal fixa, nos primeiros 10 anos após obtenção do certificado de exploração, calculada com base na seguinte expressão [16]:

$$C_{UPAC,m} = P_{UPAC} \times V_{CIEG,t} \times K_t \quad (\text{Eq.2})$$

Onde:

- a) $C_{UPAC,m}$ – Compensação paga no mês m por cada kW de potência instalada, que permita recuperar uma parcela dos custos decorrentes de medidas de política energética, de sustentabilidade ou de interesse económico geral (CIEG) na tarifa de uso global do sistema, relativa ao regime de produção de eletricidade em autoconsumo;
- b) P_{UPAC} – Valor da potência instalada da UPAC, de acordo com o certificado de exploração;
- c) $V_{CIEG,t}$ – Valor que permite recuperar os CIEG da respetiva UPAC, medido em € por kW, apurado no ano “ t ”;
- d) K_t – Coeficiente de ponderação, entre 0 % e 50 %, a aplicar ao “ $V_{CIEG,t}$ ” tendo em consideração a representatividade da potência total registada das UPAC no Sistema Elétrico Nacional, no ano “ t ”;
- e) t – Ano de emissão do certificado de exploração da respetiva UPAC.

O valor de $V_{CIEG,t}$ pode ser calculado de acordo com a seguinte expressão:

$$V_{CIEG,t} = \sum_{n=0}^2 (CIEG^p_{i(t-n)}) \times \frac{1}{3} + \sum_{n=0}^2 (CIEG^e_{i,h(t-n)}) \times \frac{1}{3} \times \frac{1.500}{12} \quad (\text{Eq.3})$$

Onde:

- a) $CIEG^p_i$ – Corresponde ao somatório do valor das parcelas “ i ” do CIEG, mencionadas no n.º 1 do artigo 3.º da Portaria n.º 332/2012, de 22 de Outubro, medido em € por kW, para o nível de tensão da respetiva UPAC, constante nos documentos de suporte da proposta de fixação de tarifas, publicados pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) para o ano “ $t-n$ ”;
- b) $CIEG^e_{i,h}$ – Corresponde ao somatório, da média aritmética simples do valor para os diferentes períodos horários “ h ” de cada uma das parcelas “ i ” dos CIEG, mencionadas no n.º 1 do artigo 3.º da Portaria n.º 332/2012, de 22 de Outubro, medido em € por kWh, para o nível de tensão da respetiva UPAC, constante nos documentos de suporte da proposta de fixação de tarifas, publicados pela ERSE para o ano “ $t-n$ ”;

- c) i – Refere-se cada uma das alíneas do n.º 1 do artigo 3.º da Portaria n.º 332/2012, de 22 de Outubro;
- d) h – Corresponde ao período horário de entrega de energia elétrica aos clientes finais, tal como definido na Portaria n.º 332/2012, de 22 de Outubro;
- e) t – Corresponde ao ano de emissão do certificado de exploração da respetiva UPAC.

O coeficiente K_t utilizado no cálculo da compensação devida pelas unidades de produção para autoconsumo pode assumir os seguintes valores:

- a) $K_t = 50\%$, quando o total acumulado de potência instalada das UPAC, no âmbito do regime de autoconsumo, exceda 3% do total da potência instalada de centro eletroprodutores do SEN;
- b) $K_t = 30\%$, quando o total acumulado de potência instalada de UPAC, no âmbito do regime de produção de eletricidade em autoconsumo, se situe entre os 1 % e 3 % do total da potência instalada de centro electroprodutores do SEN;
- c) $K_t = 0\%$, quando o total acumulado de potência instalada de UPAC, no âmbito do regime de autoconsumo, seja inferior a 1 % do total da potência instalada de centro eletroprodutores do SEN.

3.3.10. PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO REGIME DE PRODUÇÃO DISTRIBUÍDA EM AUTOCONSUMO

De forma a se obter uma ideia generalizada sobre o novo regime de produção de autoconsumo, a Tabela 3.3 apresenta um resumo das principais características do regime de produção distribuída em autoconsumo.

Tabela 3.3 – Principais características do regime de produção distribuída em autoconsumo [14]

Fonte de Energia	Renovável e não renovável
Limite de Potência	Potência de ligação < 100% da potência contratada na instalação de consumo.
Requisitos de Produção	Produção anual deve ser inferior às necessidades de consumo; Venda do excedente instantâneo ao Comercializador de Último Recurso (CUR).
Remuneração	Valor da “pool” para excedente instantâneo de produção, deduzido de custos; Numa base anual, o excedente produzido face às necessidades de consumo não é remunerado.
Compensação	Entre 30% e 50% do respetivo valor dos CIEG quando a potência acumulada de unidades de autoconsumo exceda 1% da potência instalada no SEN.
Contagem	Contagem obrigatória para potências ligadas à RESP superiores a 1,5 kW.
Processo de Licenciamento	Processo gerido via plataforma eletrónica: <ul style="list-style-type: none"> • Mera comunicação prévia: Entre 200W – 1,5 kW; • Registo + certificado de exploração: Entre 1,5 kW e 1 MW; • Licença de produção + exploração: > 1 MW.
Outros Aspetos	Não existe quota de atribuição.

3.3.11. EVOLUÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA EM UNIDADES DE AUTOCONSUMO

É importante referir que o total de potência instalada no SEN no final de 2014 era de cerca de 17.809 MW, ou seja, 1% da potência total instalada no SEN corresponde a 178 MW, mais do que o somatório de toda a potência instalada nos programas de mini e microprodução que foi de aproximadamente 156 MW. Isto significa que o valor atual do coeficiente K_t é de 0%, e previsivelmente continuará nos próximos anos [18].

A Tabela 3.4 apresenta a potência instalada nas UPAC desde a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 153/2014, em Janeiro de 2015, estando estas agrupadas em registos de UPAC e Mera Comunicação Prévia (MCP).

Tabela 3.4 – Potência instalada em autoconsumo

Mês	Potência Total Instalada	
	Mera Comunicação Prévia	Registos UPAC
Março	81 kW	1478 kW
Abril	97 kW	751 kW
Maio	184 kW	744 kW
Junho	226 kW	3027 kW
Julho	638 kW	1150 kW
Agosto	518 kW	4991 kW
Setembro	240 kW	5015 kW
Total	19.140 kW	

3.4. CONCLUSÕES

A legislação referente às energias renováveis assume uma importância crucial na decisão de investimento nesse tipo de tecnologias por parte dos consumidores. O setor fotovoltaico é um caso explícito onde isso acontece, os aspetos legislativos e os incentivos por parte do governo são essenciais para que os consumidores apostem na produção de energia fotovoltaica.

Na última década, em Portugal, têm surgido leis que incentivam à dinamização da atividade de produção distribuída, exemplo disso foram os regimes de microprodução e miniprodução que revolucionaram a indústria fotovoltaica a nível nacional e solidificaram a figura do consumidor-produtor de energia. Este tipo de instalações consistiam essencialmente na venda total da energia produzida à RESP, onde a remuneração recebida era muito superior ao valor de compra, resultado assim em investimentos que atraíram muitos consumidores. No entanto, devido à conjuntura económica que o país tem vindo a atravessar, os incentivos começaram a diminuir e começou a ser considerado um investimento pouco interessante do ponto de vista económico para os consumidores. De forma a contornar este desinteresse por parte dos consumidores, surgiu o Decreto-Lei n.º 153/2014 que traz consigo uma alteração ao paradigma da produção e compra de energia em Portugal.

Com o Decreto-Lei n.º 153/2014 os consumidores passam a poder produzir e consumir a sua própria energia, conquistando a independência das oscilações dos preços da energia. Desta forma, o maior desafio do setor fotovoltaico é evitar maus dimensionamentos e, com isso, clientes insatisfeitos.

A atual legislação privilegia o autoconsumo como principal vetor de crescimento e adequa o modelo de geração distribuída ao perfil de consumo verificado no local da instalação, incentivando desta forma a atividade de produção distribuída, assegurando a sustentabilidade técnica e económica do SEN, e evitando possíveis sobrecustos para o sistema.

4. AUTOCONSUMO

4.1. INTRODUÇÃO

A procura por uma redução da dependência de fontes de energia não renováveis e de emissões de CO₂ são atualmente um objetivo a nível mundial. Este é um assunto em destaque desde há vários anos, especialmente nos países mais desenvolvidos. Por vezes, é transmitida a ideia de que as energias renováveis são incapazes de produzir para massas de grandes dimensão, incapazes de se baterem de igual forma com as fontes de energia convencionais. A verdade é que esta é uma ideia errada e cada vez mais é possível combater as dependências de combustíveis fósseis. O desenvolvimento tecnológico e a ciência proporcionam soluções que podem fazer a diferença a níveis económicos e ambientais, de forma a ser possível eliminar a dependência de combustíveis não renováveis, a uma escala global.

Portugal é um país com enorme potencial para a produção de energia com base em recursos renováveis, como são exemplo a energia hídrica, eólica, fotovoltaica e biomassa. Ao nível solar, Portugal apresenta um nível elevado de radiação solar bem como muitas horas diárias de Sol, quando comparado por exemplo com alguns países da Europa. No entanto esta vantagem não tem sido aproveitada da melhor forma, por vezes, pela falta de regulamentação ou regulamentação confusa e pela falta de incentivos adequados, que têm afastado deste setor potenciais clientes.

O Governo português tem reunido esforços para incentivar a aposta das energias renováveis em Portugal, nomeadamente ao nível da energia solar fotovoltaica, prova disto é o Decreto-Lei n.º 153/2014 aprovado em conselho de ministros em Setembro de 2014, que regula a produção de energia para autoconsumo e pequena produção (antigas micro e miniprodução), e respetivas remunerações. Uma vez feito o enquadramento legislativo, é importante apresentar o conceito de autoconsumo, este consiste essencialmente na produção de energia elétrica para consumo próprio. Uma unidade de autoconsumo pode estar ou não ligada à rede elétrica de serviço público.

4.2. AUTOCONSUMO SEM LIGAÇÃO À RESP

Um sistema de autoconsumo em rede isolada produz energia elétrica e não está conectado à RESP, toda a energia consumida é produzida localmente. Este sistema normalmente requer o armazenamento da energia gerada em equipamentos de acumulação, para que esta possa ser consumida em qualquer hora do dia.

Um sistema autónomo é constituído por uma ou mais fontes de energia, normalmente são utilizados módulos fotovoltaicos, ou sistemas híbridos com aerogerador. É utilizado um regulador de carga, que faz a gestão da energia elétrica carregada para as baterias. Habitualmente é utilizado um conversor DC-AC para converter a energia armazenada nas baterias, transformando a corrente contínua para corrente alternada, com tensão a 230V. Deste modo é possível o uso de todo o tipo de equipamentos de tensão alternada a 230V, da mesma forma que numa instalação ligada à rede, tendo sempre em atenção o limite de potência do conversor DC-AC utilizado. Na Figura 4.1 encontra-se apresentado o esquema típico de um sistema de autoconsumo autónomo, constituído por módulos fotovoltaicos, regulador de carga, bateria, conversor DC-AC, caixa de derivação e cargas elétricas [19][20].

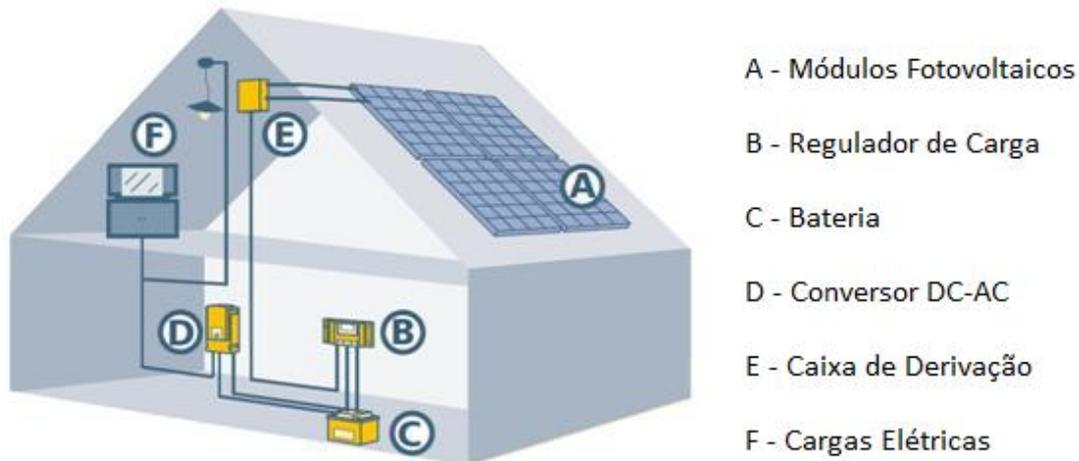


Figura 4.1 – Sistema de autoconsumo sem ligação à RESP [20]

Os sistemas autónomos são ideais para regiões onde a ligação à RESP não seja possível, ou não esteja prevista devido a custos elevados de desenvolvimento da construção dos sistemas elétricos da linha, especialmente em zonas remotas. Estes sistemas são habitualmente utilizados em sinalização rodoviária, iluminação, torres de telecomunicações, sistemas de vigilância, casas de campo, barcos e caravanas, ou seja, para alimentarem cargas de pouca potência [19].

4.3. AUTOCONSUMO COM LIGAÇÃO À RESP

A ligação à rede elétrica de serviço público permite ao consumidor colmatar as suas necessidades energéticas quando a energia produzida pela sua UPAC não é suficiente. Os sistemas com ligação à rede elétrica dividem-se em autoconsumo instantâneo, ou seja, sem acumulação de energia em baterias e autoconsumo com acumulação. O sistema de autoconsumo instantâneo, como a própria designação sugere, consiste numa produção de energia que é gasta de imediato para consumo próprio, com possibilidade ou não de envio do excedente para a RESP. O autoconsumo com acumulação permite acumular o excedente de energia produzida em sistemas de armazenamento de carga como, por exemplo, em baterias. Neste caso quando a produção instantânea não é suficiente ou é inexistente, a energia consumida vem prioritariamente das baterias, e só após estas atingirem o seu limite inferior programado se recorre à energia proveniente da RESP [21].

4.3.1. AUTOCONSUMO COM INJEÇÃO NA RESP

Existem dois tipos de sistemas de autoconsumo com injeção na RESP, que são o autoconsumo instantâneo e o autoconsumo com acumulação.

O sistema de autoconsumo instantâneo com injeção na RESP é caracterizado pela injeção total do excedente de produção na RESP. Neste sistema a energia produzida pela instalação de autoconsumo é injetada na instalação elétrica de consumo à qual se encontra ligada. Parte dessa energia é consumida em autoconsumo instantâneo e a energia excedente é enviada para a RESP. A Figura 4.2 representa o perfil diário de uma instalação fotovoltaica, do seu consumo e do seu autoconsumo instantâneo num sistema de autoconsumo com injeção na RESP.

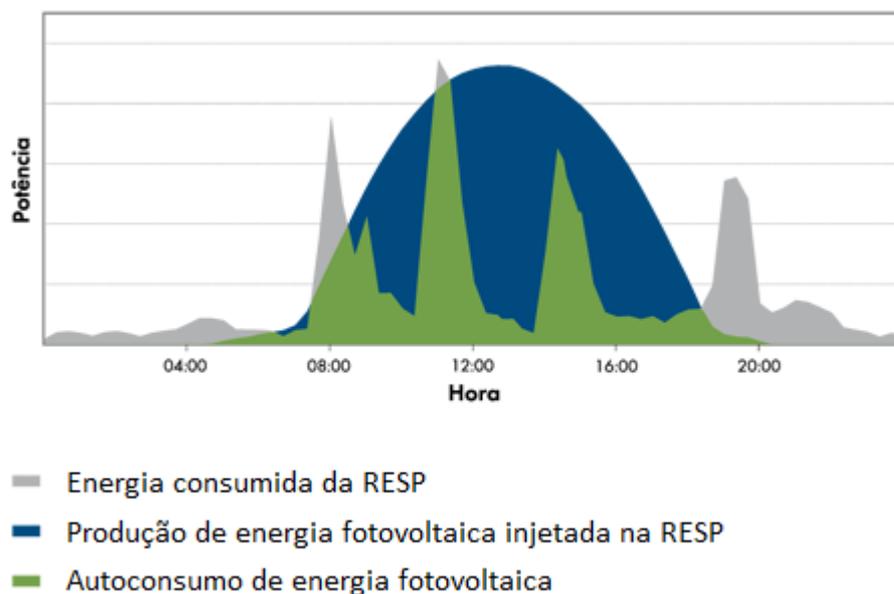


Figura 4.2 – Perfil diário de autoconsumo sem acumulação [22]

Na Figura 4.2 pode-se observar que entre as 8h00 e as 18h00 a energia produzida pelo sistema fotovoltaico é praticamente suficiente para alimentar a instalação de consumo, verificando-se a existência de injeção na RESP da energia produzida em excesso. Nas horas noturnas verifica-se que todo o consumo energético vem da rede elétrica de serviço público, dado que neste horário não há produção de energia fotovoltaica.

O sistema de autoconsumo com acumulação e injeção na RESP é caracterizado pelo armazenamento total ou parcial da energia produzida que iria para a RESP no caso da inexistência de equipamentos de armazenamento. Esta energia armazenada é posteriormente

consumida quando não haja produção fotovoltaica suficiente, evitando desta forma consumir energia da rede elétrica de serviço público. Na Figura 4.3 encontra-se representado o perfil de carga de uma instalação fotovoltaica com acumulação.

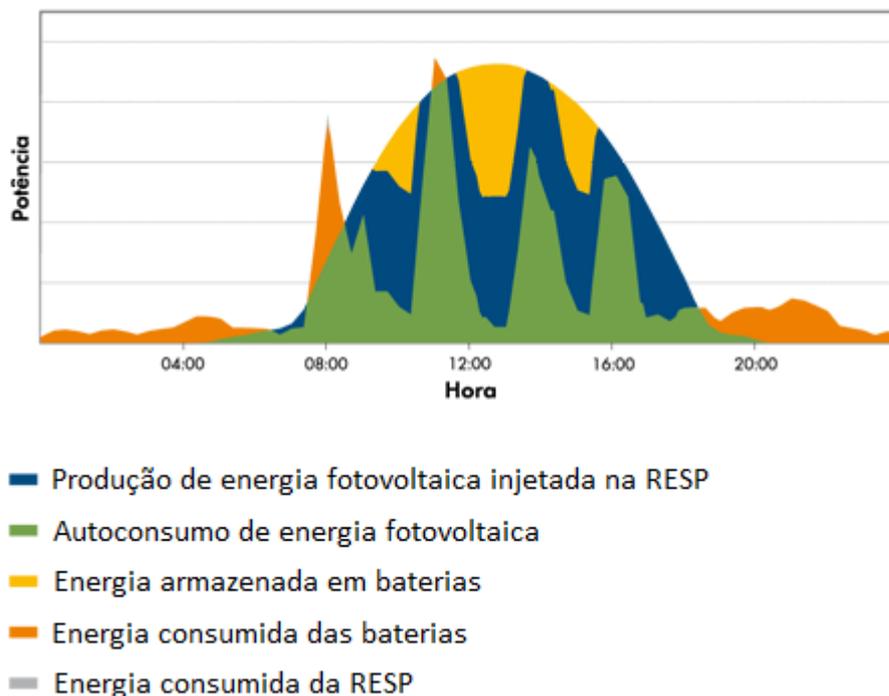


Figura 4.3 – Perfil diário de autoconsumo com acumulação [22]

Na Figura 4.3 é possível observar que a energia consumida da RESP é praticamente nula, dado que parte do excedente de energia produzida durante as horas diurnas é armazenado em baterias, para posteriormente ser consumida nas horas noturnas. Verifica-se ainda que algum do excedente de produção é injetado na RESP.

Os sistemas de autoconsumo com acumulação maximizam o aproveitamento da energia fotovoltaica, no entanto, a existência de sistemas de armazenamento de energia implica um maior investimento inicial devido à necessidade de aquisição de baterias e de um sistema que permita o controlo de carga.

4.3.2. AUTOCONSUMO SEM INJEÇÃO NA RESP

Os sistemas de autoconsumo sem injeção na rede são sistemas em que a energia excedente produzida pelo sistema, não é injetada na rede elétrica de serviço público, sendo a energia produzida utilizada instantaneamente, ou acumulada em sistemas de armazenamento para

uso posterior. A Figura 4.4 apresenta o esquema de um sistema de autoconsumo sem injeção na rede e sem acumulação em baterias.

Nos sistemas sem capacidade de armazenamento de energia, de forma a impedir que a energia excedente seja injetada na RESP são colocados equipamentos que analisam o fluxo de potência no ponto de entrada da instalação para garantir as seguintes condições [20]:

- O inversor só produz a energia que as cargas da instalação necessitam, evitando desta forma a injeção de excedentes na RESP;
- Quando a produção de energia fotovoltaica for insuficiente, a RESP assegure a energia necessária para satisfazer a procura.

Também nos sistemas com capacidade de armazenamento de energia, para evitar que a energia excedente seja injetada na RESP são colocados equipamentos que analisam o fluxo de potência no ponto de entrada da instalação para garantir as seguintes condições [20]:

- O inversor/regulador de carga só produz a energia que as cargas da instalação necessitam, armazenando a energia excedente em baterias;
- Quando a produção instantânea de energia fotovoltaica for insuficiente ou inexistente, o sistema consome prioritariamente a energia acumulada em baterias e em último caso recorre à RESP.



Figura 4.4 – Autoconsumo sem injeção na RESP [20]

4.4. BENEFÍCIOS DO AUTOCONSUMO

4.4.1. VANTAGENS DO AUTOCONSUMO

A nova lei do autoconsumo de eletricidade trouxe algumas alterações ao paradigma da produção e compra de energia em Portugal. Os consumidores passam a poder produzir e consumir a própria energia, conseguindo desta forma atenuar os efeitos das oscilações dos preços da energia elétrica. Este novo modelo de autoconsumo apresenta inúmeras vantagens, das quais se destacam as seguintes [23]:

- Os consumidores passam a estar menos expostos à variação dos preços da energia elétrica: existe uma tendência de subida de preços da eletricidade para os próximos anos, mas utilizando o autoconsumo, o consumidor garante um custo fixo da eletricidade que produz para pelo menos os 25 anos seguintes à instalação do seu sistema solar;
- Redução de custos: a produção da própria energia elétrica permite aos consumidores reduzir os custos na fatura de energia, pois deixam de comprar essa energia autoproduzida à RESP;
- Produção de energia 100% limpa e renovável: a energia produzida através do sistema solar fotovoltaico contribui para a redução das emissões de gases que contribuem para o efeito de estufa, e evidencia uma estratégia de sustentabilidade;
- Retorno do investimento a curto prazo: o investimento em sistemas solares fotovoltaicos, no enquadramento do autoconsumo, permite *paybacks* entre os seis e os nove anos, quando se trate de um correto dimensionamento do sistema;
- Aumento da eficiência energética: com a aposta no autoconsumo alterou-se o paradigma relativo ao investimento nos sistemas solares fotovoltaicos, que deixa o estigma de estar associado a subsídios do Estado e passa a ser encarado como uma ferramenta de eficiência energética. No entanto, os sistemas deverão ser corretamente dimensionados por forma a maximizar a rentabilidade deste tipo de investimento;
- Rentabilização de ativos parados: os consumidores com coberturas nos seus edifícios ou parcelas de terreno não utilizado podem aproveitar esses locais para instalar o sistema de autoconsumo, rentabilizando ativos que de outra forma não teriam utilização.

4.4.2. IMPACTO NA UTILIZAÇÃO DA RESP

A instalação de pequenas unidades de produção de energia elétrica para autoconsumo ligadas à RESP pode levar a vantagens interessantes, na medida em que, passa a existir uma produção de energia elétrica de forma distribuída junto a locais de consumo, proporcionando uma maior estabilidade da rede e uma redução das perdas. Esta é uma vantagem dado que a energia excedente injetada na RESP pode ser absorvida por outro consumidor próximo do local onde foi injetada, evitando perdas e custos acrescidos de transporte e distribuição de energia elétrica para as entidades responsáveis por esse serviço.

O aumento do consumo de energia elétrica por parte dos consumidores obriga as entidades responsáveis pelo transporte e distribuição de energia a reforçar a RESP, que consequentemente leva a investimentos em novos equipamentos e por vezes à instalação de novas subestações. Os investimentos para reforço da capacidade da rede elétrica acarretam normalmente custos elevados, o autoconsumo pode contribuir para atenuar o valor destes investimentos, visto que gera energia localmente, contribuindo desta forma para a redução de potência requerida à RESP por parte dos consumidores [24].

4.4.3. CUSTO NORMALIZADO DE ENERGIA

A técnica da normalização de custos ou receitas é utilizada quando se pretende fazer a comparação de alternativas de investimento que envolvam diferentes montantes de capital e/ou diferentes períodos de tempo. O cálculo do custo normalizado de energia (LCOE⁵), revela o custo real da energia elétrica produzida no ponto de conexão [25][26].

Segundo a *International Energy Agency*, o LCOE é um indicador económico que traduz o custo do sistema de geração de energia, incluindo todos os custos ao longo da sua vida útil, como é o caso do investimento inicial, operação e manutenção (O&M), custo do combustível, custo de capital investido, custo de emissões de carbono e custo com o desmantelamento do sistema. É uma técnica importante para definir o tipo de sistema a

⁵ *Levelized Cost of Energy*, na designação anglo-saxónica.

instalar, dado que permite fazer a comparação entre distintas tecnologias e/ou fontes de energia.

Na comparação das distintas tecnologias torna-se importante definir as fronteiras do sistema a instalar e os custos que são incluídos no cálculo, de forma a garantir que todos os parâmetros fiquem definidos no momento do cálculo e sejam iguais em todos os casos comparados. Podem ser considerados, por exemplo, custos de construção de novas linhas de transmissão e distribuição para ligar à RESP, quando tal seja necessário, custos de investigação e desenvolvimento, custos de estudos de impacto ambiental e saúde pública, impostos e custos financeiros.

No caso da produção de energia fotovoltaica não existe o consumo de combustível nem a emissão de gases poluentes, portanto, os parâmetros de custos com combustíveis e custos de emissões de carbono são desprezados, o mesmo acontece com os custos de desmantelamento, dado que no fim de vida do projeto o local é normalmente reaproveitado por um novo projeto, aproveitando as infraestruturas já existentes [25][26].

Desta forma, o LCOE é calculado através da seguinte equação:

$$LCOE = \frac{I + \sum_{k=1}^n \frac{O\&M}{(1+d)^k}}{\sum_{k=1}^n \frac{ECR_k}{(1+d)^k}} \quad (\text{Eq.4})$$

Sendo:

- a) LCOE – Custo da energia produzida pela central (€/kWh);
- b) I – Investimento total inicial (€);
- c) n – Número de anos do projeto;
- d) O&M – Custos anuais em operação e manutenção (€);
- e) ECR_k – Energia produzida no ano k (kWh);
- f) d – Taxa de atualização (%).

4.4.4. EVOLUÇÃO DO CUSTO DA ELETRICIDADE

Analisando os últimos quinze anos, tem-se assistido a um aumento sistemático nos custos da energia elétrica especialmente para os consumidores do segmento residencial. O ano de 2015 é o terceiro ano de plena vigência do mercado liberalizado de eletricidade e no entanto os preços da energia elétrica continuam a aumentar. Em 2015 houve uma nova subida de

tarifa, que segundo a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) resulta da conjugação de vários fatores com impactos em sentidos opostos, que seguidamente se sintetizam [27]:

- Fatores que contribuem para o aumento do nível tarifário:
 - Serviço da dívida;
 - Crescimento moderado do consumo de energia elétrica.
- Fatores que contribuem para a redução do nível tarifário:
 - Metas de eficiência e base custos aplicados às atividades reguladas;
 - Diminuição da taxa de remuneração dos ativos regulados;
 - Medidas legislativas mitigadoras de custos.

A Tabela 4.1 apresenta, a título de exemplo, a evolução da tarifa entre os anos de 2001 e 2015 para clientes finais de baixa tensão normal com potência contratada de 3,45 kW. Aos valores indicados acresce o IVA à taxa indicada na tabela para cada ano.

Tabela 4.1 – Evolução da tarifa entre os anos 2001 e 2015 [28][29][30]

Ano	IVA	Tarifa Simples	Tarifa Bi-Horária	
			Fora do Vazio	Vazio
2001	5%	0,0893	0,0893	0,0498
2002	5%	0,0920	0,0920	0,0503
2003	5%	0,0945	0,0945	0,0517
2004	5%	0,0965	0,0965	0,0528
2005	5%	0,0988	0,0988	0,0540
2006	5%	0,1011	0,1011	0,0552
2007	5%	0,1077	0,1077	0,0584
2008	5%	0,1143	0,1132	0,0614
2009	5%	0,1211	0,1233	0,0663
2010	5%	0,1285	0,1382	0,0742
2011	6%	0,1326	0,1448	0,0778
2012	23%	0,1393	0,1551	0,0833
2013	23%	0,1405	0,1641	0,0870
2014	23%	0,1528	0,1785	0,0946
2015	23%	0,1587	0,1853	0,0978

4.4.5. PARIDADE DA REDE

O setor da energia solar fotovoltaica tem evoluído nos últimos anos de uma forma muito promissora em Portugal, prova disso foi o facto de se atingir o ponto de paridade da rede. No caso dos sistemas solares fotovoltaicos, a paridade da rede acontece quando o custo de produção de energia fotovoltaica iguala o custo de energia consumida vendida pela entidade comercializadora. Nos custos de produção de energia fotovoltaica estão incluídos todos os custos dos equipamentos dos sistemas fotovoltaicos, montagem, manutenção e outros que possam existir [21].

O ponto de paridade baseia-se na interceção entre duas linhas de tendência, sendo estas o custo da geração com fotovoltaico (FV) e o preço da energia residencial. Na Figura 4.5 fica evidente o significado do termo, onde se verifica que a paridade da rede foi atingida entre o ano 2012 e 2013.

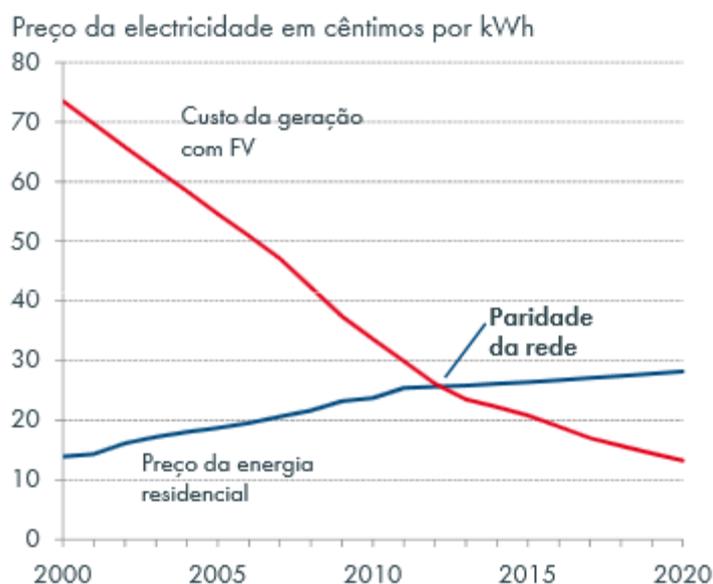


Figura 4.5 – Ponto de paridade da rede [21]

Alargando a análise do ponto de paridade da rede no setor doméstico aos países da Europa, verifica-se que tal como Portugal, outros países já atingiram o seu ponto de paridade com a rede, como são o caso da Alemanha, Itália, Holanda, Espanha entre outros. Na Figura 4.6 encontra-se representado o ano de alcance de paridade da rede no setor doméstico dos países europeus.

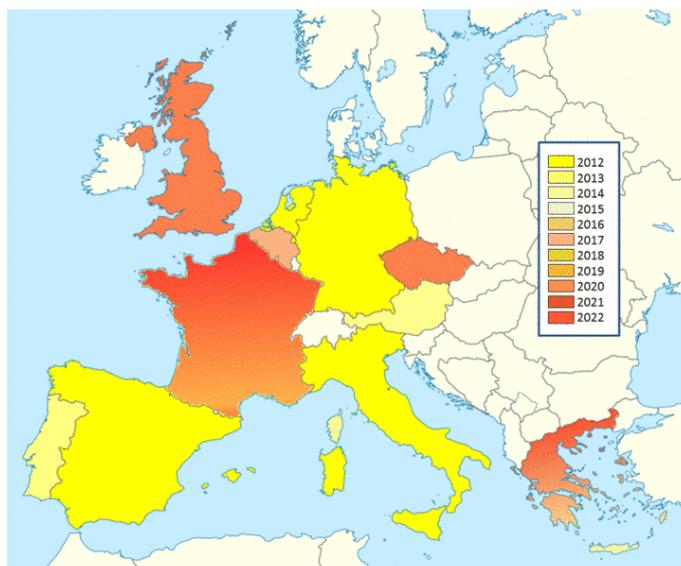


Figura 4.6 – Ano de alcance de paridade da rede no setor doméstico dos países europeus [31]

Assim sendo, o autoconsumo permite ao consumidor reduzir os seus custos com a fatura energética e ao mesmo tempo criar um mercado solar fotovoltaico mais sustentável em Portugal. Este tipo de modelo permite encarar o setor fotovoltaico numa perspetiva de poupança financeira em vez do anterior sistema que era baseado em ganhos diretos da venda total da energia produzida à RESP.

4.5. DIMENSIONAMENTO DA POTÊNCIA A INSTALAR

Uma instalação de autoconsumo carece de um trabalho cuidadoso de dimensionamento. Cada consumidor apresenta um perfil de consumo específico, o que obriga as empresas instaladoras do setor a aconselhar os consumidores e a calcular adequadamente a potência a instalar em cada situação. No regime anterior à nova lei do autoconsumo, as empresas instaladoras focavam-se essencialmente na quantidade da potência contratada pelo consumidor, para dimensionarem o máximo possível de potência a instalar de modo a garantir uma maior rentabilidade do investimento.

Atualmente, o foco deve estar no consumo energético do consumidor e não na sua potência contratada. Existe um elevado risco de ocorrerem situações mal dimensionadas que poderão provocar insatisfação nos consumidores. Neste contexto, é possível afirmar que o correto dimensionamento de uma instalação de autoconsumo é o verdadeiro desafio da nova legislação.

O principal objetivo do autoconsumo passará por garantir um dimensionamento adequado aos diagramas de carga associados a cada consumidor, de forma a satisfazer as suas necessidades locais de energia elétrica, evitando ao máximo o envio de excedente de energia para a RESP, visto que o valor recebido pelo excedente é bastante inferior ao preço praticado no mercado de energia.

Para além dos aspetos a ter em conta no dimensionamento de uma unidade de produção de autoconsumo referidos anteriormente, torna-se importante considerar alguns dos principais indicadores de viabilidade económica de projetos, como é o caso dos seguintes:

- Período de Retorno do Investimento (*Payback*);
- Taxa Interna de Rentabilidade (TIR);
- Valor Atual Líquido (VAL).

Outros aspetos importantes são ainda:

- Taxa de Autoconsumo;
- Custo Normalizado de Energia (LCOE);
- Taxa de Autonomia.

4.6. ORIENTAÇÃO DAS UNIDADES DE AUTOCONSUMO

Nos extintos regimes de microprodução e miniprodução, para capturar mais luz solar e consequentemente produzir mais energia os painéis solares deveriam estar orientados para sul. Os proprietários de painéis solares eram pagos pela quantidade de energia elétrica que produzissem, portanto, sempre que possível optavam por esta orientação que maximizava a produção de energia. No entanto, nos atuais sistemas de autoconsumo, em especial no denominado autoconsumo instantâneo, o objetivo principal não é produzir o máximo de energia possível, mas sim produzir energia de acordo com as necessidades.

O estudo sobre a orientação mais rentável para uma unidade de autoconsumo é um fator muito importante quando se pretende fazer uma instalação desse tipo. É essencial ter uma noção do diagrama de cargas do consumidor para que seja possível orientar a central no sentido mais adequado ao tipo de consumos da instalação. O diagrama de cargas do consumidor pode ser facilmente obtido através da colocação de um equipamento de monitorização de energia na instalação de consumo.

Em Portugal, as centrais fotovoltaicas deverão estar orientadas a nascente, sul ou poente, ou então subdivididas por duas ou três orientações. A decisão para a orientação da central deve ser tomada tendo em conta o diagrama de cargas do consumidor, onde podem ser verificadas as horas de maior e menor consumo ao longo do dia.

4.7. CONCLUSÕES

Os sistemas de autoconsumo podem ser aplicados em diversas situações, por exemplo, em zonas remotas onde não exista RESP, o autoconsumo torna-se uma enorme mais-valia, dado que é uma alternativa de acesso a energia elétrica, sem a necessidade de construir infraestruturas de rede elétrica de serviço público, que muitas vezes incorrem em custos elevados. O autoconsumo fotovoltaico é também uma das formas mais interessantes de reduzir os consumos de eletricidade da rede elétrica de serviço público e de poupança mensal na fatura elétrica, para as instalações que se encontrem ligadas à RESP. A produção da própria energia elétrica permite os consumidores baixar os custos na fatura de energia, pois deixam de comprar essa energia autoproduzida à RESP.

A instalação de sistemas de autoconsumo ligados à RESP leva a vantagens interessantes, na medida em que, proporciona uma produção de energia elétrica de forma distribuída junto a locais de consumo, oferecendo uma maior estabilidade da rede e uma redução das perdas. O excedente de produção que for injetado na RESP pode ser absorvido por outro consumidor próximo do local, evitando-se perdas e custos acrescidos de transporte e distribuição de energia elétrica.

O dimensionamento das unidades de autoconsumo e a orientação dos painéis fotovoltaicos são fatores essenciais quando se pretende obter o máximo proveito energético e económico de uma unidade de produção para autoconsumo. Deve ser garantido um dimensionamento adequado aos diagramas de carga associados a cada consumidor, de forma a satisfazer as suas necessidades locais de energia elétrica e a central deve ser orientada no sentido mais adequado ao tipo de consumos da instalação.

5. PERFIS DE CONSUMO

5.1. INTRODUÇÃO

Os perfis de consumo apresentados neste capítulo são provenientes de uma diretiva n.º 2/2015, que conforme o Regulamento do Acesso às Redes e às Interligações (RARI) aprovado pelo Regulamento n.º 560/2014 e conforme o Regulamento de Relações Comerciais (RRC) aprovado pelo Regulamento n.º 561/2014, preveem a aprovação pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) de perfis de perdas nas redes elétricas, perfis de consumo e perfis de produção, numa série de propostas fundamentadas e expostas pelos operadores de redes [32].

O RRC presume a aplicação de perfis de consumo a todos os clientes finais que não dispõem de equipamento de medição com registo de consumos em períodos de 15 minutos. A estimação dos consumos especificados por períodos de 15 minutos é construída a partir dos consumos registados nos equipamentos de medição dos clientes finais, ou obtidos por estimativa, e do perfil de consumo aplicável [32].

Os perfis de consumo em Baixa Tensão Normal (BTN) podem ser classificados em três classes, tendo como critérios de seleção a potência contratada e o consumo de energia elétrica anual de cada consumidor. Os três perfis possíveis são os seguintes [33]:

- Classe A - clientes com potência contratada superior a 13,8 kVA;

- Classe B - clientes com potência contratada inferior ou igual a 13,8 kVA e com um consumo anual superior a 7.140 kWh;
- Classe C - clientes com potência contratada inferior ou igual a 13,8 kVA e com um consumo anual inferior ou igual a 7.140 kWh.

A Tabela 5.1 apresenta um quadro resumo com a segmentação de consumidores nos perfis de consumo tipo para BTN.

Tabela 5.1 – Segmentação de consumidores nos perfis de consumo tipo para BTN

	Potência contratada (kVA)	Energia Anual Consumida (kWh)
Classe A	> 13,8	qualquer
Classe B	≤ 13,8	> 7.140
Classe C	≤ 13,8	≤ 7.140

O perfil Classe A é normalmente associado a consumidores com consumo maioritariamente profissional. O perfil Classe B associa-se a consumos residenciais, ainda que com os consumos anuais algo elevados, onde poderão estar incluídos pequenos clientes empresariais. O perfil Classe C dada a baixa potência contratada e o baixo consumo de energia anual é adequado a consumidores residenciais.

De forma a ser feita uma análise mais pormenorizada sobre os três tipos de perfil de consumo em BTN, nos três subcapítulos seguintes encontram-se apresentados os perfis de consumo anuais e os perfis de consumo em duas semanas distintas, uma semana de um mês de verão e uma semana de um mês de inverno, de acordo com os perfis de consumo em BTN, a aplicar entre 1 de Janeiro e 31 de Dezembro de 2015 ao abrigo da Diretiva ERSE n.º 2/2015, de 14 de Janeiro. Os valores apresentados no eixo das ordenadas são valores normalizados, obtidos segundo a metodologia descrita nos trabalhos de caracterização do consumo elaborados pela EDP Distribuição.

5.2. PERFIL DE CONSUMO BTN – CLASSE A

O perfil de consumo anual em baixa tensão normal de classe A aplicado no ano de 2015 encontra-se representado na Figura 5.1. Conforme se pode observar, este perfil de consumo apresenta consumos mais elevados nos meses de Janeiro, Fevereiro e Dezembro, que são

meses caracterizados por um menor número de horas diurnas. Os meses de primavera e verão apresentam consumos menores, salientando-se no entanto um ligeiro aumento de consumo no mês de Julho.

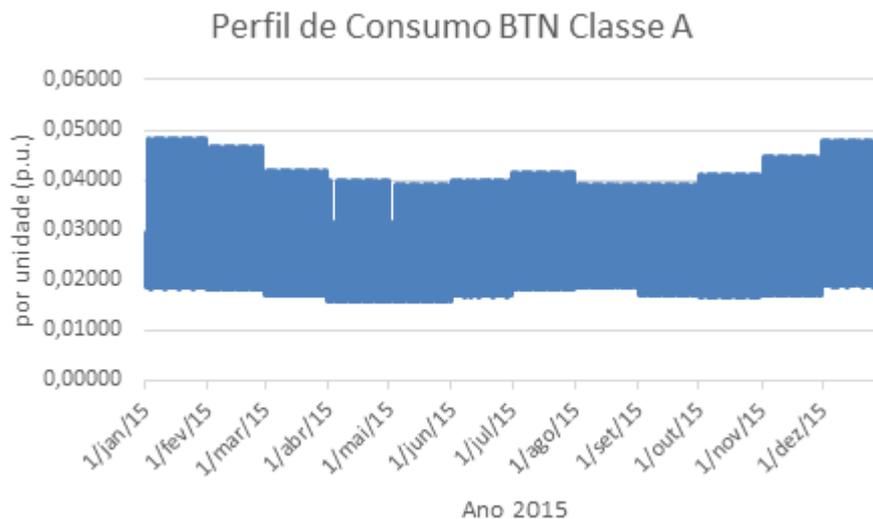


Figura 5.1 – Perfil de consumo anual BTN Classe A em 2015 [34]

De forma a identificar algumas diferenças dos perfis de consumo ao longo do ano, foram seleccionadas duas semanas de estações do ano opostas, a semana de 5 a 11 de Janeiro para representar o inverno e a semana de 6 a 12 de Julho para representar o verão. Conforme se pode observar na Figura 5.2, os consumos no verão são menores do que os consumos de inverno. Outro aspeto que importa salientar é o facto de que os consumos ao fim de semana são menores do que os consumos durante a semana.

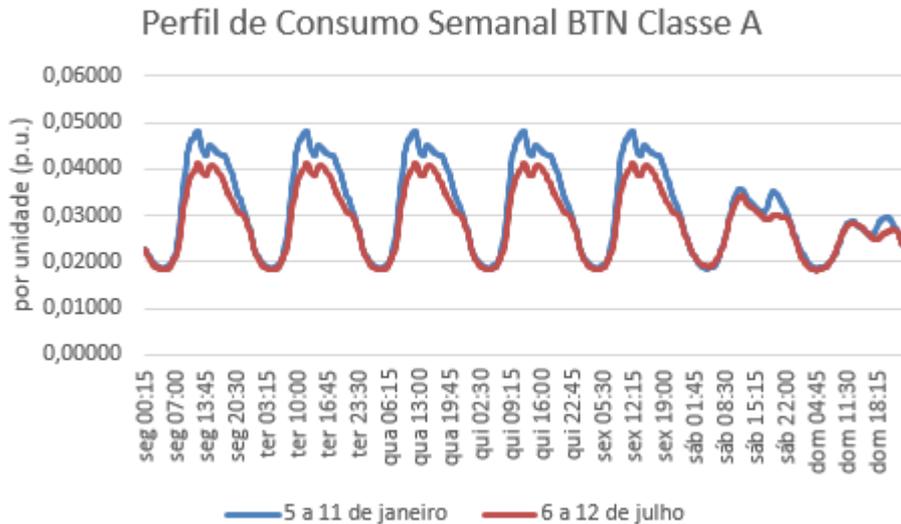


Figura 5.2 – Perfil de consumo semanal BTN Classe A (5 a 11 de Janeiro e 6 a 12 de Julho) [34]

5.3. PERFIL DE CONSUMO BTN – CLASSE B

O perfil de consumo anual em baixa tensão normal de classe B aplicado no ano de 2015 encontra-se representado na Figura 5.3. Conforme se pode observar, e tal como acontece com o perfil BTN Classe A, este perfil de consumo apresenta consumos mais elevados nos meses de Janeiro, Fevereiro e Dezembro, que são meses caracterizados por um menor número de horas diurnas. Os meses de primavera e verão apresentam consumos menores, salientando-se no entanto um ligeiro aumento de consumo no mês de Julho, tal como acontece com o perfil BTN Classe A.

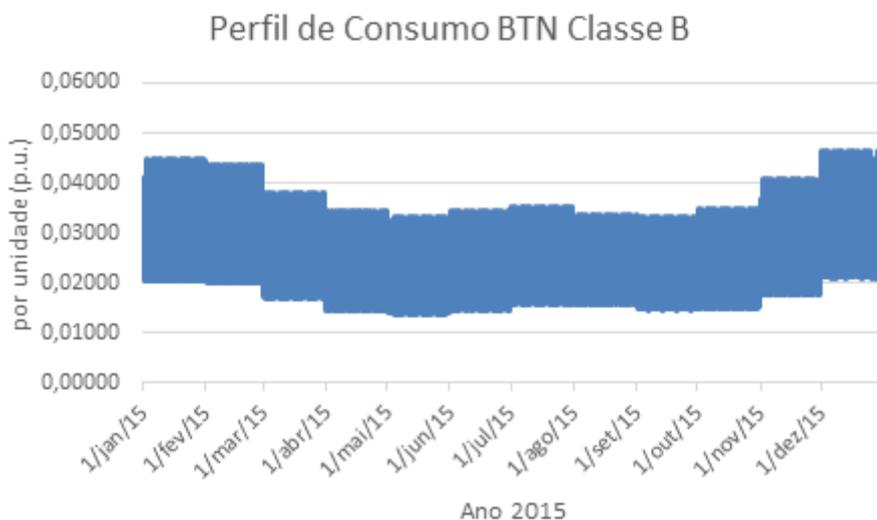


Figura 5.3 – Perfil de consumo anual BTN Classe B em 2015 [34]

Tal como foi feito com o perfil de consumos BTN Classe A, de forma a identificar algumas diferenças dos perfis de consumo ao longo do ano, foram novamente consideradas duas semanas de estações do ano opostas, a semana de 5 a 11 de Janeiro para representar o inverno e a semana de 6 a 12 de Julho para representar o verão. Mais uma vez, conforme se pode observar na Figura 5.4, os consumos no verão são menores do que os consumos de inverno. Neste perfil de consumos a diferença entre o consumo ao fim de semana e o consumo durante a semana não é tão acentuada como no perfil BTN Classe A.

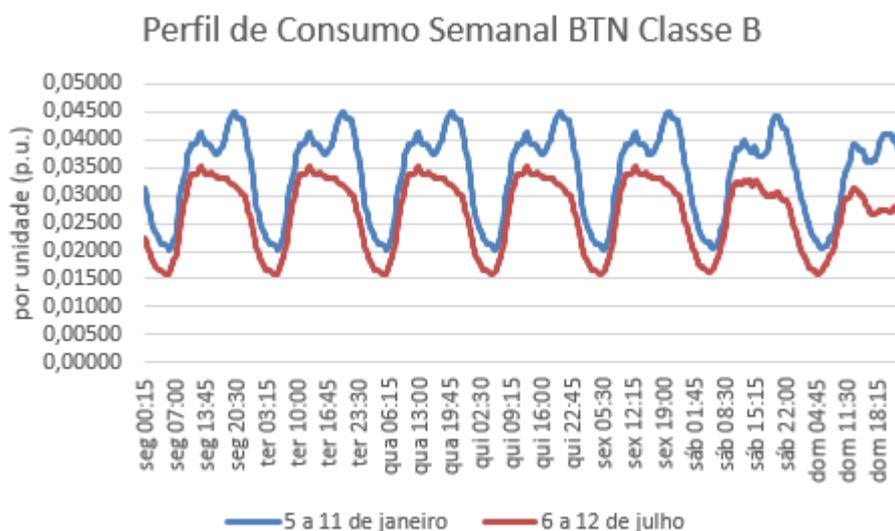


Figura 5.4 – Perfil de consumo semanal BTN Classe B (5 a 11 de Janeiro e 6 a 12 de Julho) [34]

5.4. PERFIL DE CONSUMO BTN – CLASSE C

O perfil de consumo anual em baixa tensão normal de classe C aplicado no ano de 2015 encontra-se representado na Figura 5.5. Conforme se pode observar, tal como aconteceu com os dois perfis de consumo analisados anteriormente, este apresenta consumos mais elevados nos meses de Janeiro, Fevereiro e Dezembro, que são meses caracterizados por um menor número de horas diurnas. Os meses de primavera e verão apresentam os consumos mais baixos registados ao longo do ano.

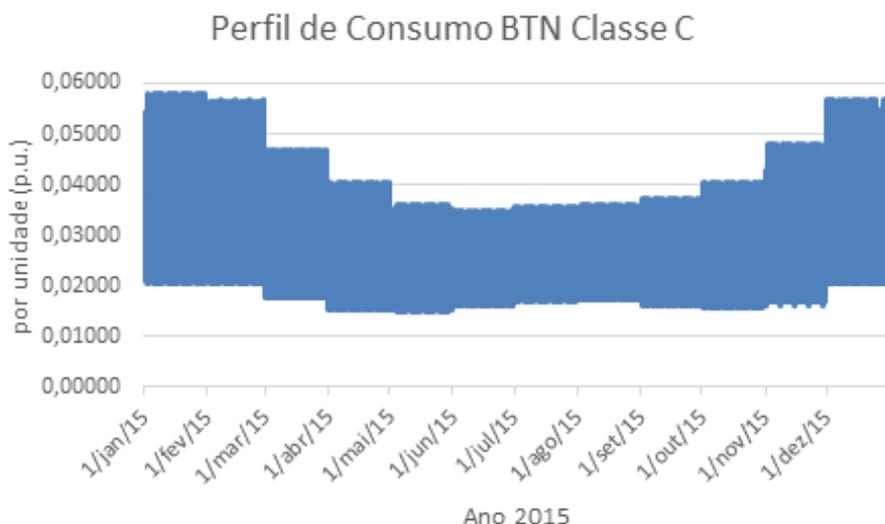


Figura 5.5 – Perfil de consumo anual BTN Classe C em 2015 [34]

De forma análoga à análise que foi feita aos dois perfis de consumos anteriores, para se identificar algumas diferenças dos perfis de consumo ao longo do ano, foram seleccionadas duas semanas de estações do ano opostas, a semana de 5 a 11 de Janeiro para representar o inverno e a semana de 6 a 12 de Julho para representar o verão. Conforme se pode observar na Figura 5.6, os consumos no verão são menores do que os consumos de inverno. Outro aspeto que importa salientar é o facto de que os consumos ao fim de semana são ligeiramente superiores aos consumos durante a semana.

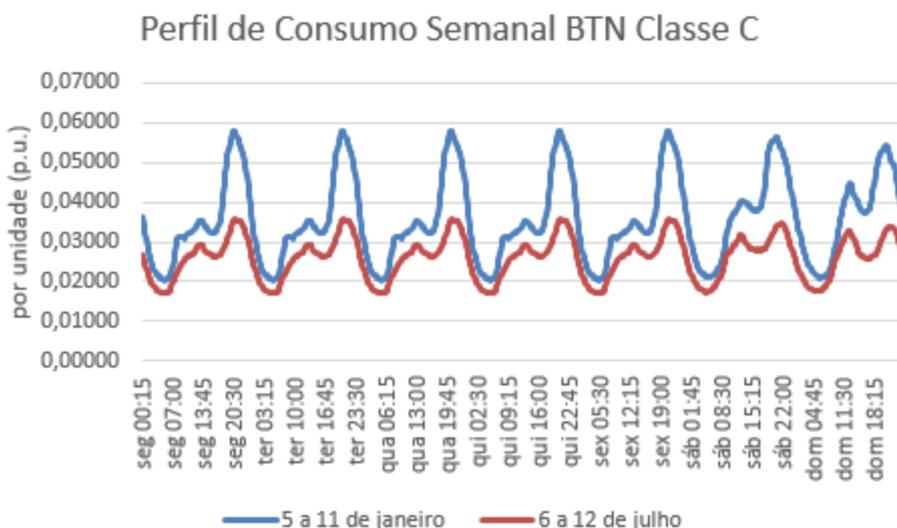


Figura 5.6 – Perfil de consumo semanal BTN Classe C (5 a 11 de Janeiro e 6 a 12 de Julho) [34]

5.5. COMPARAÇÃO DOS PERFIS DE CONSUMO BTN

Após análise individual dos três perfis de consumo em baixa tensão normal, é relevante fazer uma comparação entre estes. Para tal, apresentam-se na Figura 5.7, os três perfis na semana de 5 a 11 de Janeiro e na Figura 5.8 os três perfis na semana de 6 a 12 de Julho.

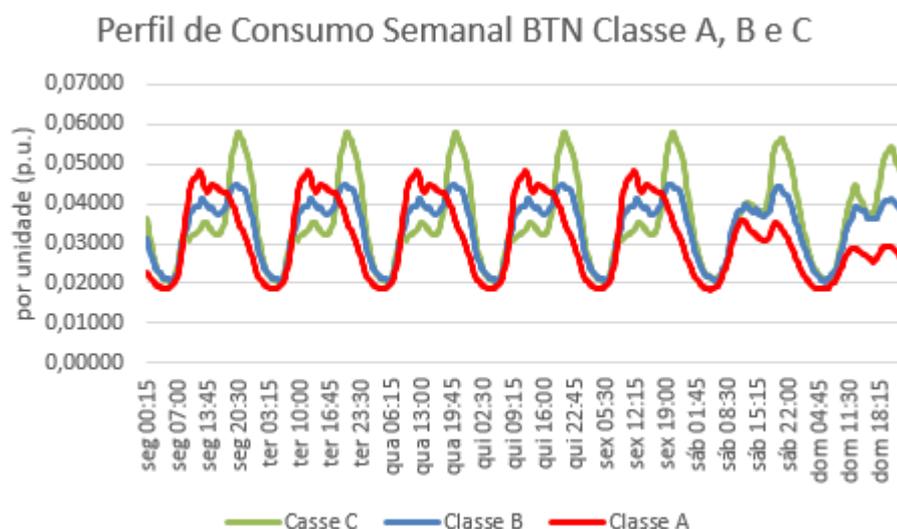


Figura 5.7 – Perfil de consumo semanal BTN Classe A, B e C (5 a 11 de Janeiro) [34]

Fazendo a análise aos três perfis de consumo na semana de 5 a 11 de Janeiro, verifica-se que o perfil BTN Classe A apresenta os seus consumos maioritariamente durante as horas diurnas, com pouca variação entre as 9h e as 18h, apresentando um ligeiro pico de consumo ao meio dia. Neste perfil existe uma quebra de consumos ao fim de semana, dado que se trata de um perfil associado a consumos profissionais. O perfil BTN Classe B é um perfil que se enquadra entre consumos profissionais e consumos residenciais, desta forma este apresenta consumos com pouca variação ao longo do dia, entre as 9h e as 17h, após as 17h os consumos aumentam ligeiramente apresentando um pico de consumos por volta das 20h. Neste perfil os consumos ao fim de semana são aproximadamente iguais aos restantes dias da semana. O perfil BTN Classe C é um perfil típico de consumos residenciais, onde se verificam baixos consumos entre as 9h e as 17h, após as 17h os consumos têm um aumento significativo atingindo o pico por volta das 21h. Neste perfil os consumos ao fim de semana são ligeiramente superiores aos restantes dias da semana entre as 9h e as 17h.

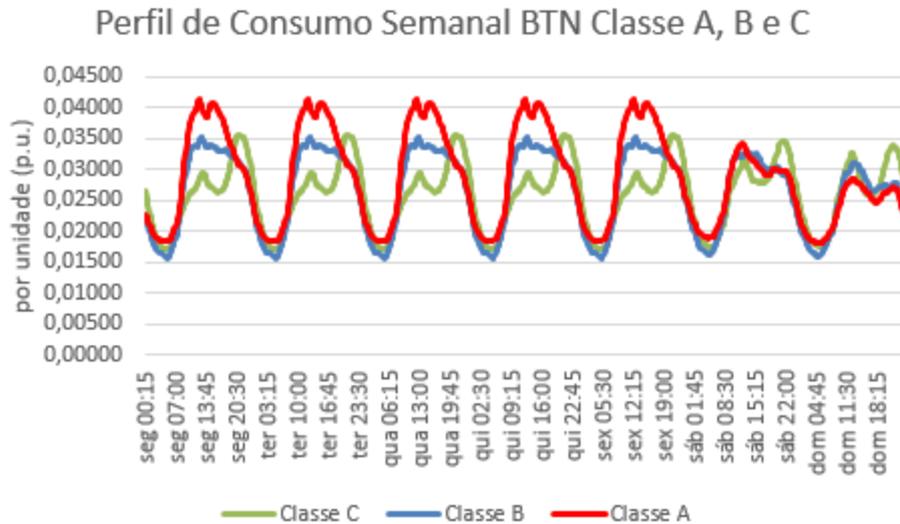


Figura 5.8 – Perfil de consumo semanal BTN Classe A, B e C (6 a 12 de Julho) [34]

Analisando os três perfis de consumo na semana de 6 a 12 de Julho, tal como acontece na semana de 5 a 11 de Janeiro é possível observar as diferenças no comportamento do consumo, consoante se trate de um consumo profissional (maioritariamente BTN Classe A) ou residencial (principalmente BTN Classe C).

5.6. CONCLUSÕES

Os perfis de consumo em Baixa Tensão Normal (BTN) são uma importante fonte de informação quando se pretende traçar o perfil de consumo de energia elétrica de um consumidor doméstico, onde habitualmente não existe um equipamento de medição com registo de consumos em períodos de 15 minutos. Desta forma é possível obter uma estimativa dos consumos baseada na potência contratada e no consumo anual de cada consumidor.

De acordo com a análise feita neste capítulo, é possível concluir que o perfil BTN Classe A é aplicável essencialmente a clientes com um consumo predominantemente profissional, dado que apresenta uma potência contratada elevada tendo em conta que se trata de um perfil BTN. O perfil de Classe B trata-se de um consumo residencial, ainda que com consumos elevados, o que engloba pequenos clientes empresariais. Quanto ao perfil de consumo BTN Classe C apenas é adequado a clientes residenciais, dado que se trata de baixa potência contratada e baixos consumos anuais.

6. APLICAÇÃO INFORMÁTICA

6.1. INTRODUÇÃO

Face à publicação do Decreto-Lei n.º 153/2014 que promove a produção de energia elétrica para autoconsumo, integrado nas recentes políticas de incentivo à produção de energia fotovoltaica, que governo português tem vindo a implementar no panorama energético nacional, surgiu o propósito de construir uma aplicação informática que permita ajudar no dimensionamento de unidades de produção de autoconsumo fotovoltaico em ambiente doméstico, com o objetivo de estimar as necessidades de potência fotovoltaica a instalar em habitações de baixa tensão normal.

Este capítulo apresenta uma descrição da aplicação informática desenvolvida, onde se destacam as suas principais funcionalidades, os pressupostos considerados, as variáveis de entrada e os resultados apresentados, de forma a orientar o correto dimensionamento de unidades de produção para autoconsumo em ambiente doméstico.

6.2. DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO

A aplicação informática apresenta uma interface gráfica que foi desenvolvida em *Visual Studio*. Para tal, foi necessário efetuar um estudo preliminar sobre o funcionamento e funcionalidades do *Visual Studio*, nomeadamente sobre a linguagem de programação C# na

qual foi feita esta interface, bem como a interligação com outros *softwares* nomeadamente com o Excel.

Ao ser iniciada a aplicação informática, esta apresenta a interface representada na Figura 6.1. A interface divide-se essencialmente em duas secções, uma corresponde à entrada de dados por parte do utilizador e a outra corresponde aos resultados apresentados, sendo que esta engloba uma análise gráfica mensal de consumo e produção fotovoltaica.

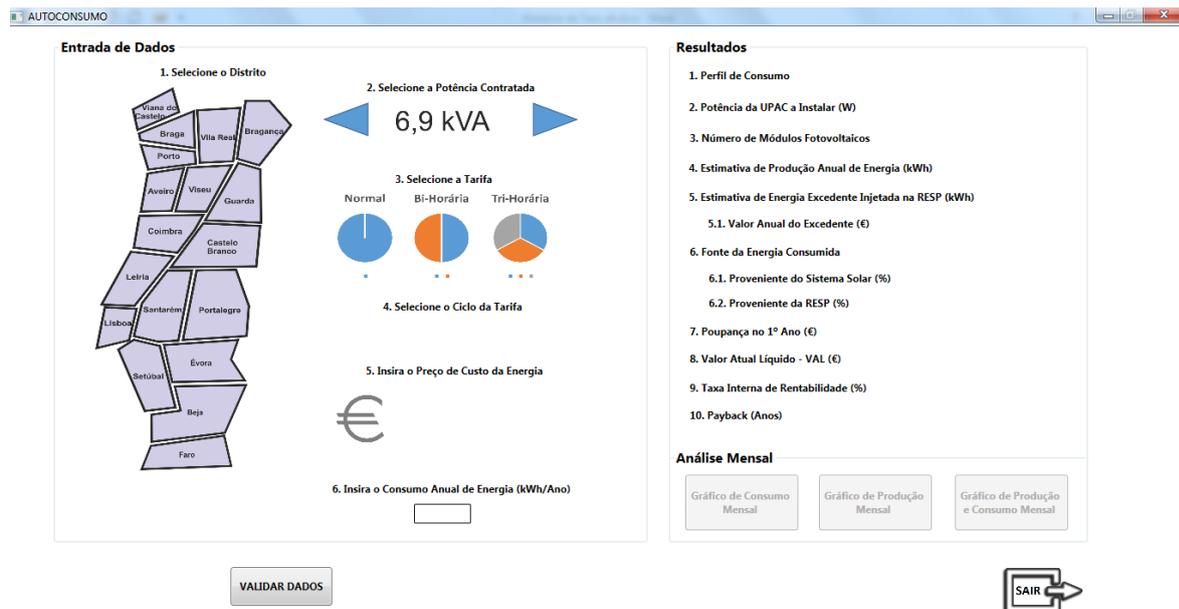


Figura 6.1 – Interface da aplicação

6.2.1. ENTRADA DE DADOS

A secção referente à entrada de dados, apresentada na Figura 6.2 permite ao utilizador introduzir dados referentes à sua instalação de consumo, nomeadamente os seguintes:

- Distrito: o utilizador deve seleccionar o distrito onde será instalada a unidade de autoconsumo, de entre os 18 distritos de Portugal Continental;
- Potência contratada: o utilizador deve seleccionar a sua potência contratada, esta encontra-se mencionada nas faturas de energia eléctrica e varia entre 1,15 kVA e 20,7 kVA;
- Tarifa: o utilizador deve seleccionar a sua tarifa, esta encontra-se mencionada nas faturas de energia eléctrica, e pode ser normal, bi-horária ou tri-horária;

- Ciclo da tarifa: o utilizador deve seleccionar o ciclo de acordo com a tarifa, sendo que na tarifa normal não existe ciclo, na tarifa bi-horária e tri-horária pode optar pelo ciclo semanal ou pelo ciclo diário;
- Preço de custo da energia: o utilizador deve introduzir o preço de custo da energia em €/kWh. Caso o utilizador selecione a tarifa normal, tem de introduzir o preço de custo normal, caso selecione a tarifa bi-horária tem de introduzir o preço de custo da energia nas horas de vazio e fora de vazio, caso selecione a tarifa tri-horária tem de introduzir o preço de custo da energia nas horas de vazio, nas horas cheias e nas horas de ponta;
- Consumo anual de energia: o utilizador deve introduzir o seu consumo anual de energia, que pode obter através da consulta das suas faturas de energia.

Entrada de Dados

1. Seleccione o Distrito

Viana do Castelo, Braga, Vila Real, Bragança, Porto, Aveiro, Viseu, Guarda, Coimbra, Castelo Branco, Leiria, Santarém, Portalegre, Lisboa, Évora, Setúbal, Beja, Faro

2. Seleccione a Potência Contratada

6,9 kVA

3. Seleccione a Tarifa

Normal, Bi-Horária, Tri-Horária

4. Seleccione o Ciclo da Tarifa

5. Insira o Preço de Custo da Energia

€

6. Insira o Consumo Anual de Energia (kWh/Ano)

Figura 6.2 – Entrada de dados

Após o preenchimento de todos os campos referentes à entrada de dados, o botão “Validar Dados” fica ativo, apresentando a forma visível na Figura 6.3. Caso o utilizador pressione o

botão “Validar Dados” sem que todos os campos estejam preenchidos aparecerá no ecrã uma mensagem de alerta com a seguinte informação: “Por favor preencha todos os campos e pressione novamente em Validar Dados”.



Figura 6.3 – Botão “Validar Dados” ativo

Ao ser pressionado o botão “Validar Dados” é feita uma validação dos dados introduzidos, nomeadamente se os valores introduzidos estão no formato correto. Caso estes não estejam será apresentada uma mensagem de alerta que informa o utilizador que o valor introduzido é inválido, conforme se pode observar na Figura 6.4.

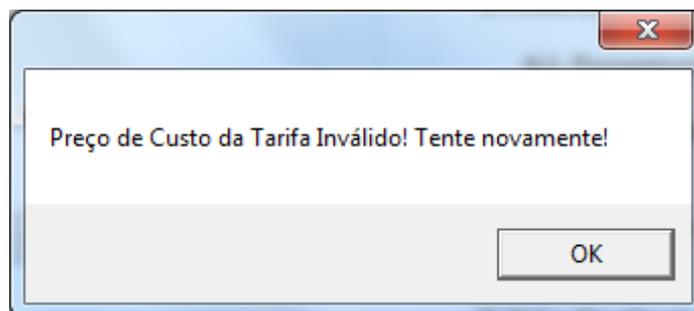


Figura 6.4 – Mensagem de erro no preço de custo da tarifa introduzido

Uma das validações efetuadas serve para aferir se os dados introduzidos são convertíveis para valores decimais. Ao nível da energia anual consumida, esta encontra-se limitada a 27.000 kWh e caso o utilizador insira um valor superior será apresentada uma mensagem que o alerta para esse facto. Essa validação é feita utilizando o seguinte extrato de código em linguagem de programação C#:

```
try
{
    // Tentativa de conversão
    consumo_anual = Convert.ToDecimal(tbx_consumo_anual.Text);
    if (consumo_anual == 0)
    {
        MessageBox.Show("Consumo Anual de Energia Inválido! Tente novamente!");
        tbx_consumo_anual.Text = "";
        return;
    }
    if (consumo_anual > 27000)
    {
        MessageBox.Show("Consumo Anual de Energia Máximo é de 27.000 kWh. Tente novamente!");
        tbx_consumo_anual.Text = "";
    }
}
```

```

        return;
    }
}
catch (FormatException)
{
    // Conversão falhada então:
    MessageBox.Show("Consumo Anual de Energia Inválido! Tente novamente! ");
    tbx_consumo_anual.Text = "";
    return;
}

```

Após uma validação de dados efetuada com sucesso, é apresentado o primeiro resultado referente ao perfil de consumo do utilizador, que pode ser BTN Classe A, BTN Classe B ou BTN Classe C mediante a potência contratada e a energia anual consumida. Fica também disponível o botão “Submeter”, que ao ser pressionado faz com que a aplicação efetue todos os cálculos de forma a apresentar os resultados na secção correspondente.

6.2.2. RESULTADOS APRESENTADOS

A secção referente à apresentação de resultados, apresentada na Figura 6.5 permite ao utilizador obter informações sobre a unidade de produção para autoconsumo adequada aos seus consumos, nomeadamente as seguintes:

- Perfil de consumo: apresenta o perfil de consumo do utilizador, com base no valor da potência contratada e no consumo anual de energia. Este poderá ser BTN Classe A, BTN Classe B ou BTN Classe C;
- Potência UPAC a instalar: apresenta a potência fotovoltaica a instalar, com base no cálculo do número de módulos;
- Número de módulos fotovoltaicos: apresenta o número de módulos fotovoltaicos que devem ser instalados, de forma a obter o maior retorno possível do investimento, com base nos valores do VAL para diferentes números de módulos possíveis a instalar;
- Estimativa de produção anual de energia: apresenta a produção fotovoltaica anual estimada, com base no número de módulos a instalar e na produção média mensal de cada módulo;
- Estimativa de energia excedente injetada na RESP: apresenta o valor anual da energia excedente, com base nos valores de produção fotovoltaica e consumos energéticos da instalação, para a solução que apresenta o maior VAL;
- Valor anual do excedente: apresenta o valor anual, em euros, da energia injetada na rede sem remuneração;

- Fonte da energia consumida: apresenta a percentagem de energia consumida proveniente do sistema solar e a percentagem proveniente da RESP;
- Poupança no primeiro ano: apresenta a poupança, em euros, da energia que deixou de ser consumida da RESP e passou a ser consumida em autoconsumo, deduzindo os custos estimados de manutenção anual;
- Valor Atual Líquido: apresenta o VAL de maior valor, em euros, este valor é selecionado tendo em conta o cálculo do VAL para diferentes números de módulos;
- Taxa Interna de Rentabilidade: apresenta a TIR para o VAL de maior valor.
- *Payback*: apresenta o período de retorno de investimento para o maior valor do VAL, este é calculado de acordo com as regras de cálculo para um *payback* simples.

Para além dos resultados anteriormente referidos, o utilizador tem ainda a possibilidade de visualizar gráficos com estimativas de produção e consumo mensal, ao longo de um ano.

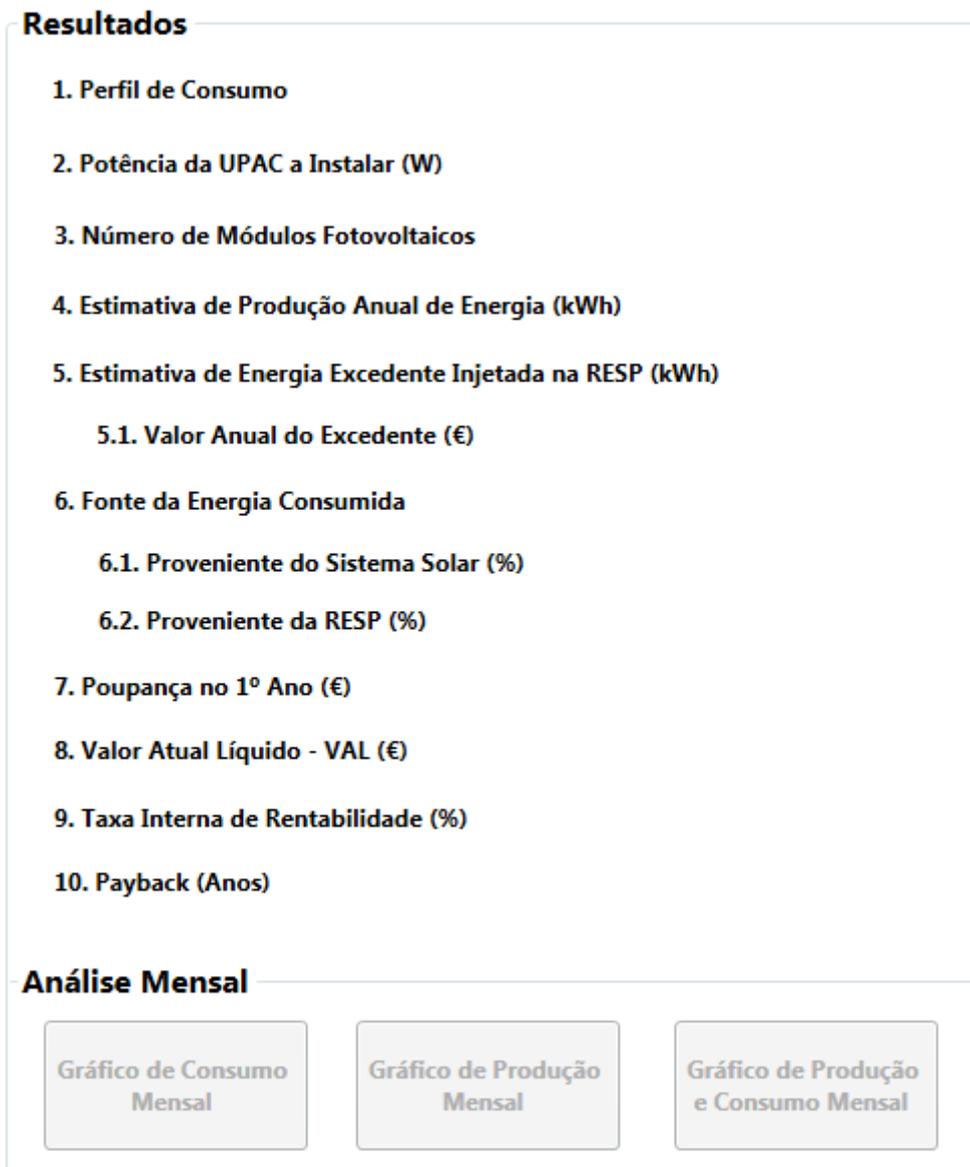


Figura 6.5 – Resultados

6.3. *SOFTWARES UTILIZADOS*

Paralelamente à aplicação informática desenvolvida, foram utilizadas diversas fontes de dados, bibliotecas e *softwares*, como foi o caso do PVGIS, dos perfis de consumo, do PVSyst, e do Microsoft Excel.

6.3.1. PVGIS

O PVGIS é uma ferramenta pertencente à *JRC Europe* que permite calcular a irradiação solar em cada ponto da Europa. Desta forma, é possível fazer uma estimativa da produção de energia através de sistemas fotovoltaicos.

Na realização desta aplicação foram considerados os valores de energia gerada por sistemas fotovoltaicos para cada distrito de Portugal Continental, sendo assumidos os pressupostos técnicos apresentados na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Pressupostos técnicos considerados no PVGIS

Tecnologia fotovoltaica	Silício Cristalino
Potência de pico instalada	250W
Perdas estimadas no sistema	10%
Estrutura de montagem	Fixa
Ângulo de instalação	35°
Orientação	Sul

6.3.2. PVSYST

O PVSyst é um poderoso *software* que permite simular e projetar sistemas fotovoltaicos, trata-se de uma ferramenta bastante útil e educativa que é utilizada habitualmente por arquitetos e engenheiros, permite ainda ao utilizador analisar com precisão diferentes configurações, avaliar os resultados e identificar a melhor solução fotovoltaica. Este é capaz de importar dados de meteorologia de diversas fontes, bem como dados pessoais e apresenta resultados na forma de um relatório completo, com gráficos e tabelas específicas, possibilitando a exportação de dados para utilização noutros *softwares*.

Na realização desta aplicação foram extraídos do *software* PVSyst dados que permitiram obter a produção fotovoltaica média hora a hora ao longo das 8760 horas anuais para cada distrito de Portugal Continental. A título de exemplo apresenta-se na Figura 6.6 a produção média de um módulo fotovoltaico de 250 Wp, no mês de Janeiro no distrito de Aveiro. Conforme se pode observar, nesse mês a produção de energia fotovoltaica inicia-se por volta das sete horas da manhã, e aumenta de forma significativa até ao meio dia onde atinge o pico de cerca de 120 W, diminuindo de seguida a sua produção progressivamente até atingir o valor zero por volta das dezassete horas.

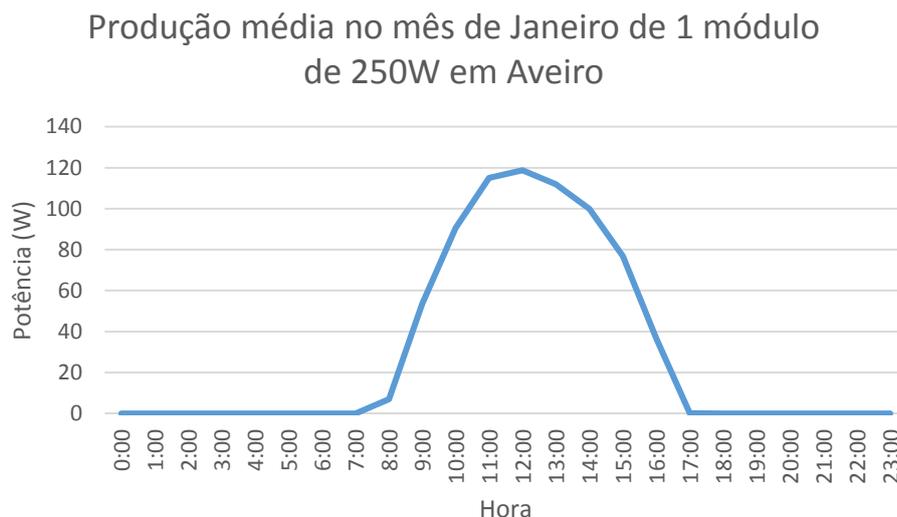


Figura 6.6 – Produção média no mês de Janeiro de 1 módulo de 250W em Aveiro

6.3.3. EXCEL

O *software* Excel é habitualmente usado para efetuar tarefas como a realização de cálculos, criação de listas de dados, elaboração de relatórios e gráficos, projeções, análise de tendências e análises estatísticas e financeiras.

O Excel é considerado um elemento chave para o correto funcionamento da aplicação informática desenvolvida, na medida em que, para cada perfil de consumo e distrito foi criado um ficheiro Excel que tem como principais funcionalidades servir de base de dados e de folha de cálculo. Quando o utilizador pressiona o botão “Submeter” na aplicação informática, esta utiliza a folha de cálculo do Excel correspondente ao distrito e perfil de consumo associado para efetuar os cálculos, passando informações como o consumo de energia anual e o preço de custo das tarifas, recebendo da folha de cálculo valores como o VAL, a TIR, a percentagem de autoconsumo, a poupança no primeiro ano e o somatório do excedente injetado na RESP. Com os valores recolhidos da folha de cálculo, a aplicação efetua os restantes cálculos de forma a apresentar todos os resultados.

PERFIS DE CONSUMO

Para um correto dimensionamento de um sistema de autoconsumo é essencial conhecer o diagrama de cargas real de uma instalação, no entanto para utilizadores domésticos são traçados perfis de consumo estimados. Nesse sentido, estes foram utilizados no Excel como base de cálculo para a obtenção do número de módulos a instalar em cada instalação.

6.4. CONCLUSÕES

A aplicação informática desenvolvida é extremamente útil para efetuar o dimensionamento de unidades de produção para autoconsumo, em que não existam medições reais dos consumos além daquelas que são feitas pelos tradicionais contadores instalados pelo comercializador de energia, como é o caso da grande maioria dos consumidores residenciais.

Os perfis de consumo aprovados pela ERSE e as estimativas de produção recolhidas do PVGIS e do PVSyst foram uma fonte de informação essencial para a elaboração desta aplicação, e diversas análises reais comprovam que os valores apresentados se aproximam da realidade dos consumidores domésticos.

Com a utilização desta aplicação, em apenas alguns segundos é possível obter uma estimativa das necessidades de produção de energia fotovoltaica de uma instalação de baixa tensão normal e também aceder a indicadores económicos que proporcionam ao utilizador uma noção rápida dos retornos do investimento neste tipo de tecnologia.

7. ANÁLISE DE RESULTADOS

7.1. INTRODUÇÃO

Considerando a distribuição de clientes e de consumo no mercado liberalizado, por opção tarifária e por escalão de potência em $BTN \leq 20,7$ kVA e a segmentação de consumidores nos perfis de consumo tipo para BTN, foram selecionados três casos para a análise de resultados, que são os seguintes:

- Caso 1 – Baixa Tensão Normal 3,45 kVA – Simples.

Este caso foi escolhido por representar a maioria dos clientes no mercado liberalizado em BTN, representando no final de 2014 cerca de 56% dos clientes com tarifário simples, conforme se pode observar na Figura 7.1.

- Caso 2 – Baixa Tensão Normal 6,9 kVA – Bi-Horária

Este caso foi escolhido por representar o segundo maior grupo dos clientes no mercado liberalizado em BTN, representando no final de 2014 cerca de 42% dos clientes com tarifário bi-horário, conforme se pode observar na Figura 7.1.

- Caso 3 – Baixa Tensão Normal 20,7 kVA – Bi-Horária

Este caso foi escolhido por representar o maior consumo no mercado liberalizado em BTN dos clientes com um perfil de consumo BTN Classe A, conforme se pode observar na Figura 7.2.

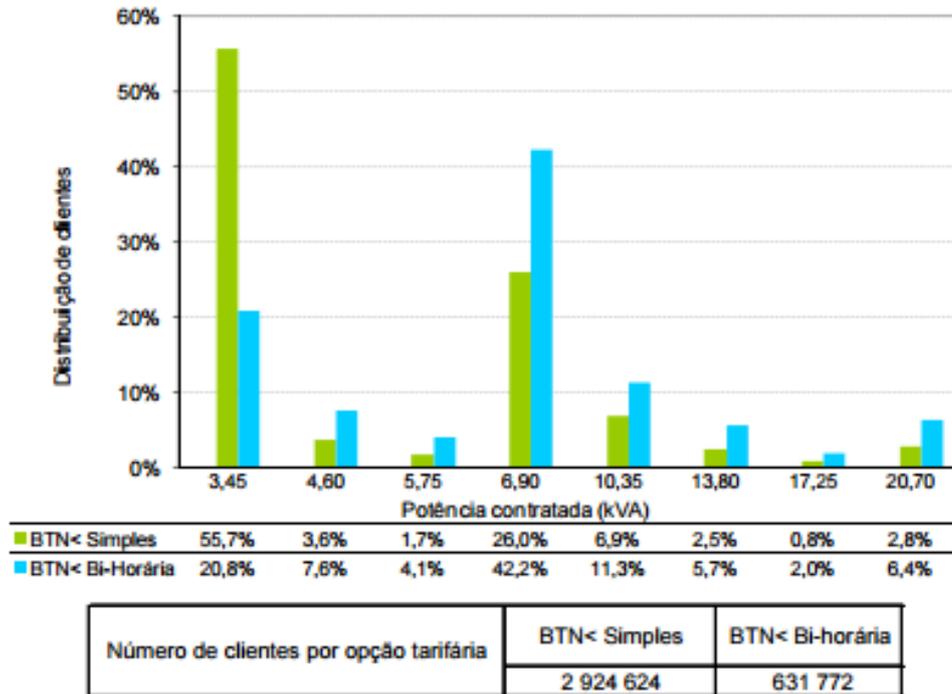


Figura 7.1 – Distribuição de clientes no mercado liberalizado, por opção tarifária e por escalão de potência (BTN≤20,7 kVA) [33]

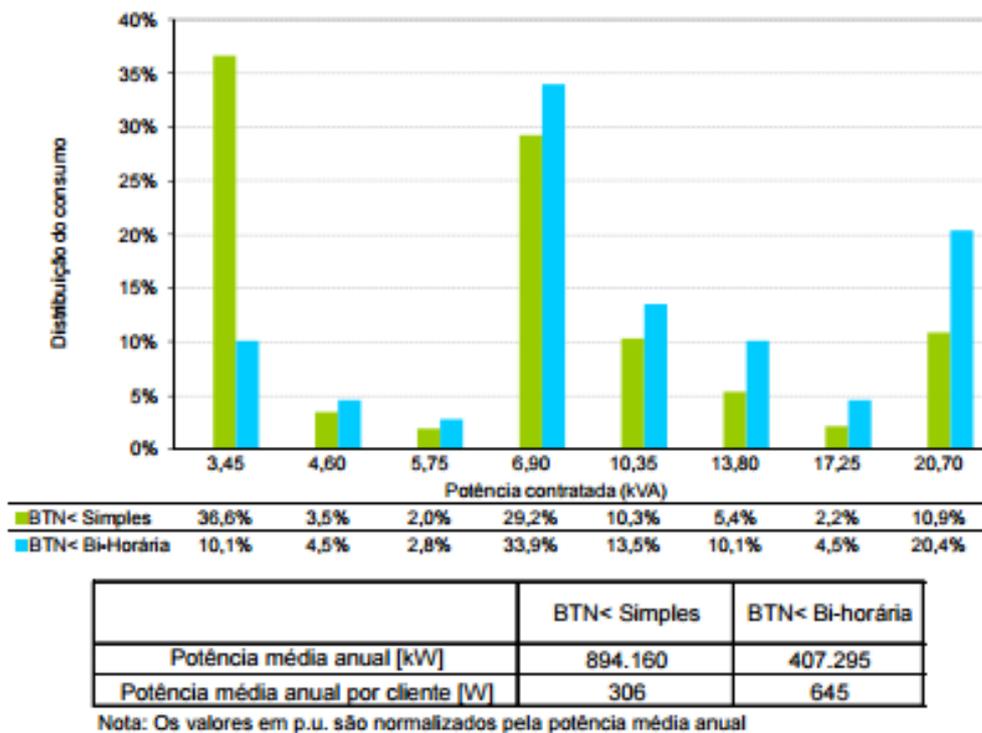


Figura 7.2 – Distribuição de consumo no mercado liberalizado, por opção tarifária e por escalão de potência (BTN≤20,7 kVA) [33]

7.2. CASO 1 – BAIXA TENSÃO NORMAL 3,45 kVA – SIMPLES

O caso 1 pretende simular o dimensionamento de uma UPAC sem acumulação e com injeção do excedente na RESP, sem remuneração, para uma habitação com uma potência contratada de 3,45 kVA e tarifa simples, de acordo com descrição apresentada na Tabela 7.1.

Tabela 7.1 – Descrição do contrato de energia (Caso 1)

Distrito	Braga
Potência Contratada	3,45 kVA
Tarifa	Simples (0,20 €/kWh)
Ciclo	Sem ciclo
Consumo Anual	3.500 kWh

Esta habitação apresenta um perfil de consumo BTN Classe C, e com base nesta informação é possível simular a distribuição dos consumos mensais, apresentados na Figura 7.3, bem como a estimativa do diagrama de carga, apresentado na Figura 7.4, de acordo com os perfis de consumo publicados pela ERSE para o ano de 2015.

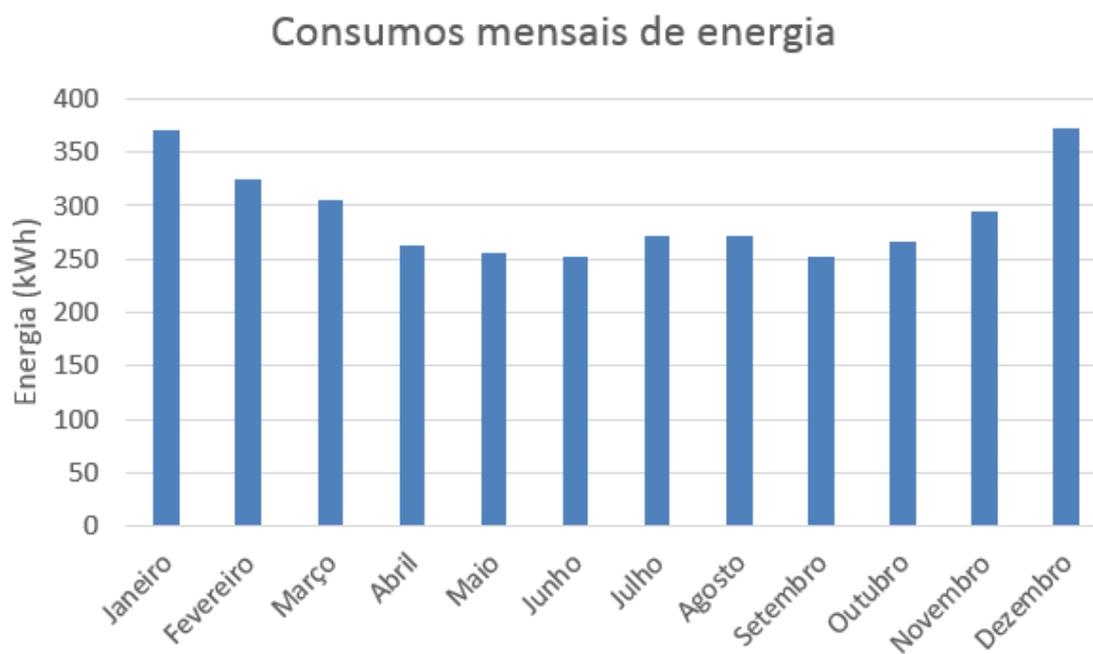


Figura 7.3 – Consumos mensais de energia (Caso 1)

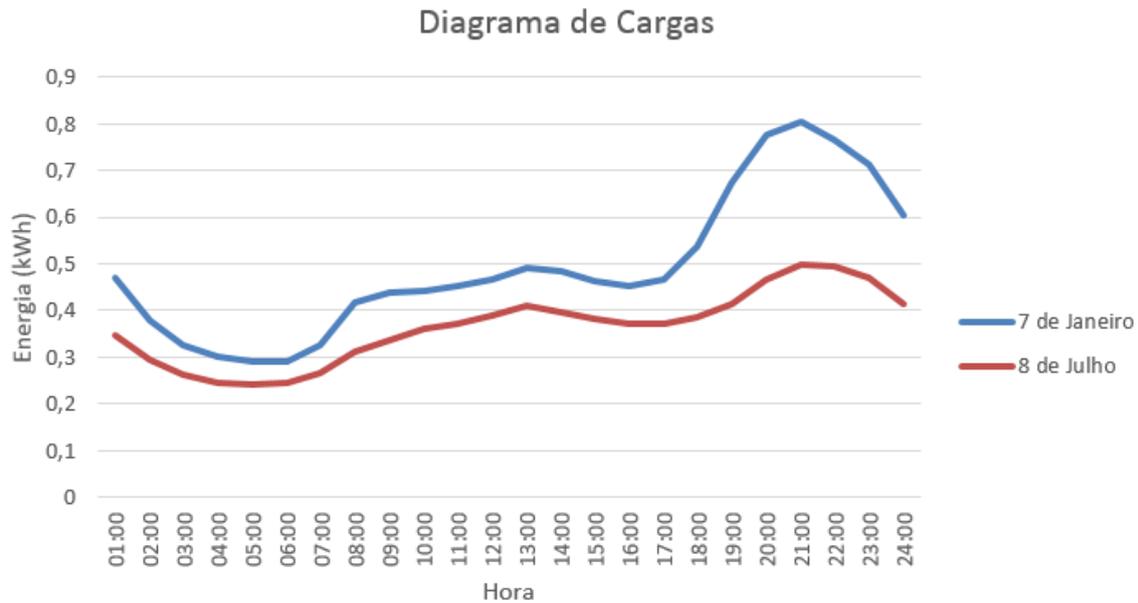


Figura 7.4 – Diagrama de cargas (Caso 1)

Para fazer o dimensionamento da UPAC e o cálculo dos indicadores económicos, utilizando a aplicação informática desenvolvida, o utilizador deve preencher os dados de entrada de acordo com a Figura 7.5, ou seja, este deve seleccionar o distrito de Braga no mapa, a potência contratada de 3,45 kVA, a tarifa normal sem ciclo e deve introduzir o preço de custo da energia que neste caso é de 0,20 €/kWh e o consumo anual de energia que é de 3.500 kWh.

Entrada de Dados

1. Seleccione o Distrito

2. Seleccione a Potência Contratada

3,45 kVA

3. Seleccione a Tarifa

Normal

Bi-Horária

Tri-Horária

4. Seleccione o Ciclo da Tarifa

Sem Ciclo

5. Insira o Preço de Custo da Energia

€

Normal (€/kWh)

6. Insira o Consumo Anual de Energia (kWh/Ano)

3500

VALIDAR DADOS

SUBMETER

Figura 7.5 – Entrada de dados (Caso 1)

Após fazer a validação dos dados e a submissão, a aplicação efetua os cálculos necessários utilizando a folha de cálculo do Excel e apresenta os resultados da Figura 7.6. Conforme se pode observar, a potência a instalar indicada para esta situação é de 750 W, com uma estimativa de produção fotovoltaica anual de 1.083 kWh e um excedente injetado na RESP de 39 kWh. A energia anual consumida proveniente do sistema solar é de aproximadamente 30%, sendo os restantes 70% provenientes da RESP. A poupança no primeiro ano é de 179,00 €, e relativamente aos indicadores económicos, o VAL é de 1.296,00 €, a TIR é de aproximadamente 11% e o *payback* é de 8,37 anos.

Resultados

1. Perfil de Consumo **BTN CLASSE C**
2. Potência da UPAC a Instalar (W) **750**
3. Número de Módulos Fotovoltaicos **3**
4. Estimativa de Produção Anual de Energia (kWh) **1083**
5. Estimativa de Energia Excedente Injetada na RESP (kWh) **39**
- 5.1. Valor Anual do Excedente (€) **7,90**
6. Fonte da Energia Consumida
- 6.1. Proveniente do Sistema Solar (%) **29,85**
- 6.2. Proveniente da RESP (%) **70,14**
7. Poupança no 1º Ano (€) **179,00**
8. Valor Atual Líquido - VAL (€) **1296**
9. Taxa Interna de Rentabilidade (%) **11**
10. Payback (Anos) **8,37**

Análise Mensal

Gráfico de Consumo Mensal

Gráfico de Produção Mensal

Gráfico de Produção e Consumo Mensal

Figura 7.6 – Resultados (Caso 1)

O critério de seleção do número de módulos a instalar foi o valor mais elevado do VAL para as diferentes quantidades de módulos fotovoltaicos a instalar. Na Figura 7.7 encontra-se representado o valor do VAL e da TIR para diversas potências possíveis de instalação nesta UPAC.

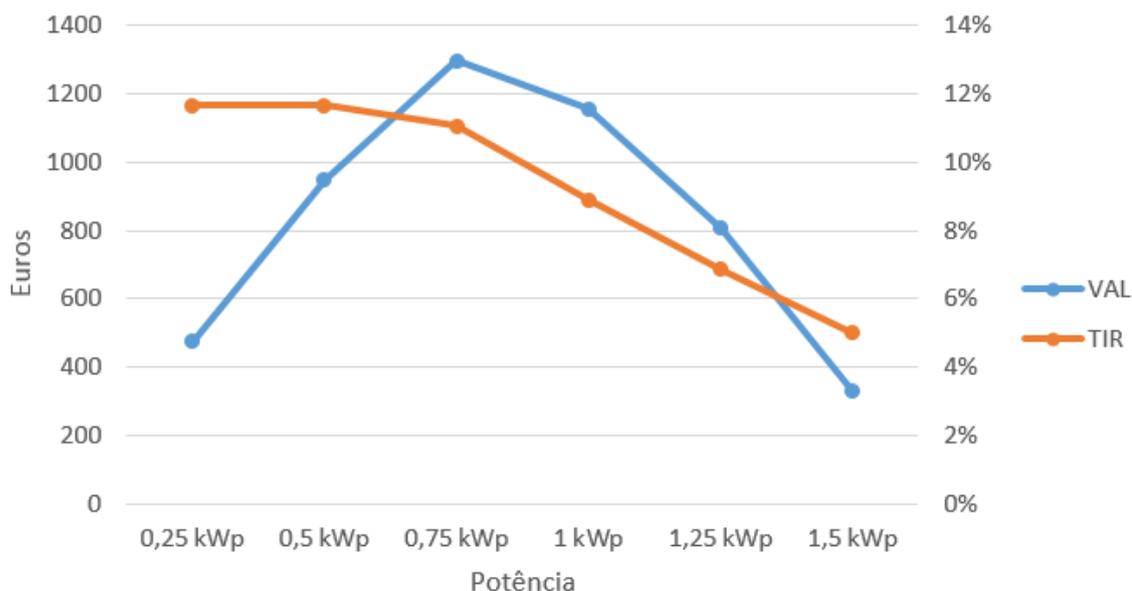


Figura 7.7 – VAL e TIR para diversas potências instaladas (Caso 1)

Conforme se pode observar na Figura 7.7, a potência a instalar nesta UPAC deve ser de 750 Wp, ou seja, três módulos de 250 Wp, dado que é com essa potência que se alcança o maior VAL, no valor de 1.296,00 € com uma TIR de aproximadamente 11%.

7.3. CASO 2 – BAIXA TENSÃO NORMAL 6,9 kVA – BI-HORÁRIA

À semelhança do que foi feito para o caso 1, no caso 2 pretende-se novamente simular o dimensionamento de uma UPAC sem acumulação e com injeção do excedente na RESP, sem remuneração, desta vez para uma habitação com uma potência contratada de 6,9 kVA e tarifa bi-horária, de acordo com descrição apresentada na Tabela 7.2.

Tabela 7.2 – Descrição do contrato de energia (Caso 2)

Distrito	Coimbra
Potência Contratada	6,9 kVA
Tarifa	Bi-horária: Horas de vazio: 0,12 €/kWh Horas fora de vazio: 0,23 €/kWh
Ciclo	Semanal
Consumo Anual	7.500 kWh

Esta habitação apresenta um perfil de consumo BTN Classe B, e com base nesta informação é possível simular a distribuição dos consumos mensais, apresentados na Figura 7.8, bem como a estimativa do diagrama de carga, apresentado na Figura 7.9, de acordo com os perfis de consumo publicados pela ERSE para o ano de 2015.

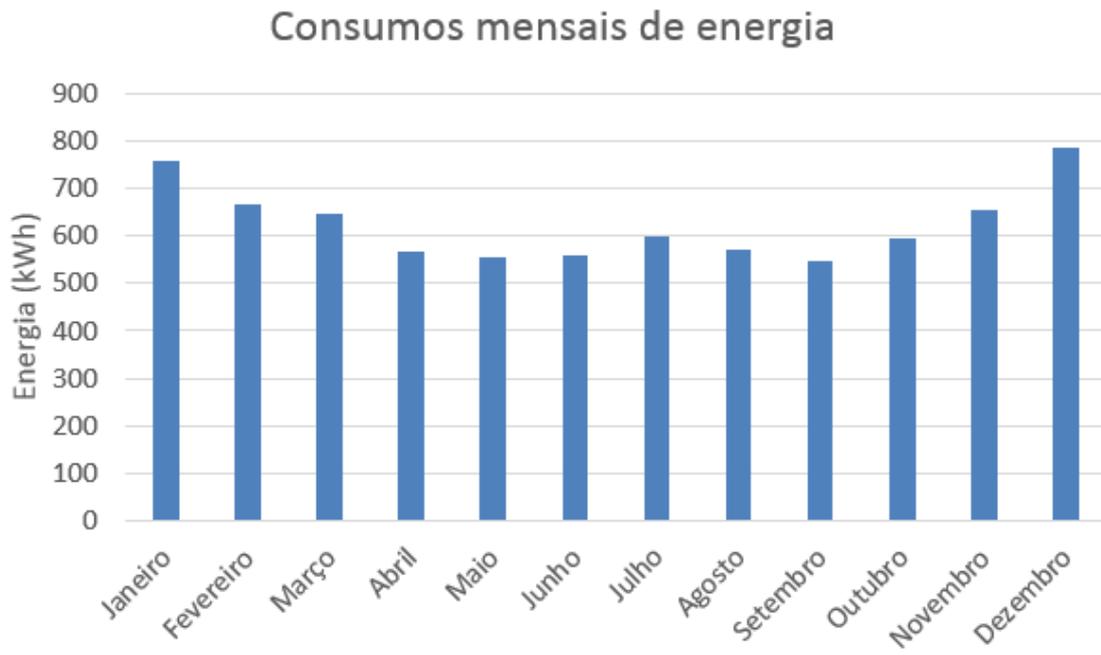


Figura 7.8 – Consumos mensais de energia (Caso 2)

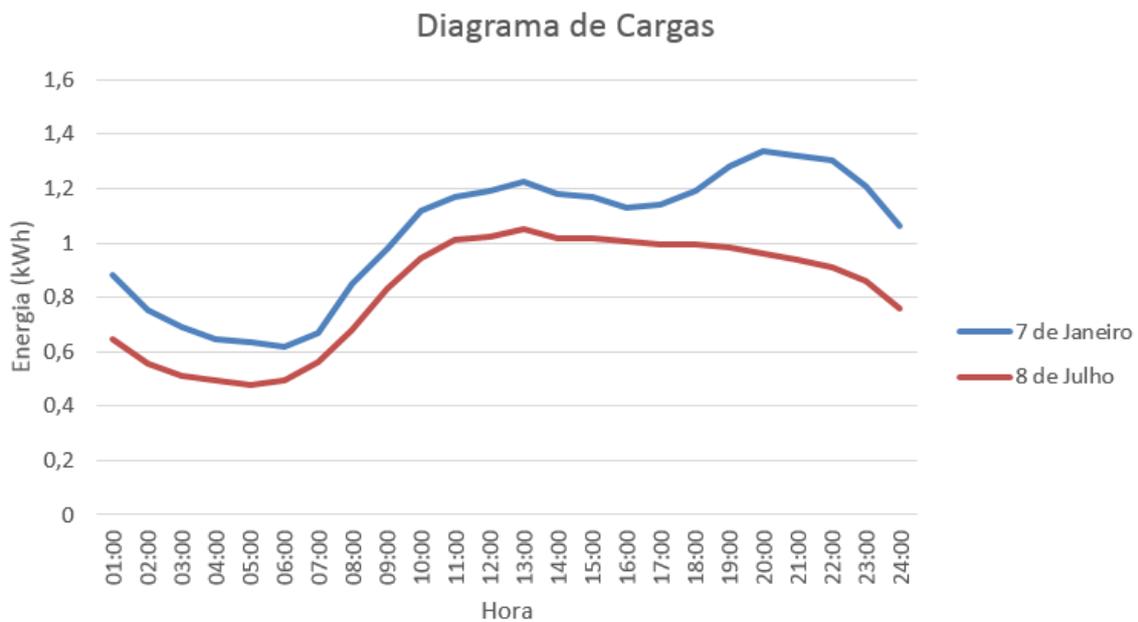
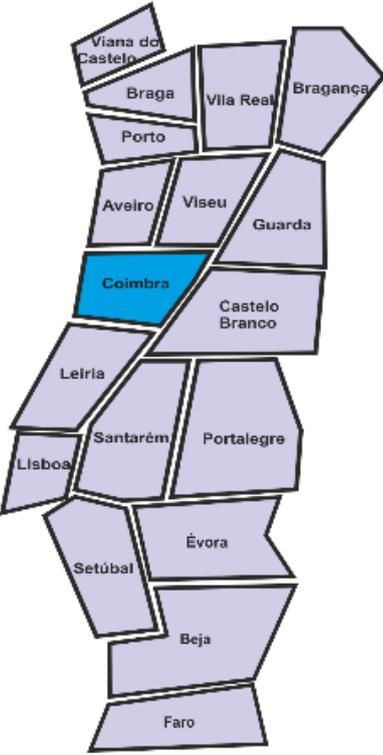


Figura 7.9 – Diagrama de cargas (Caso 2)

Para fazer o dimensionamento e o cálculo dos indicadores económicos, utilizando a aplicação informática desenvolvida, o utilizador deve preencher os dados de entrada de acordo com a Figura 7.10, ou seja, este deve seleccionar o distrito de Coimbra no mapa, a potência contratada de 6,9 kVA, a tarifa bi-horária, o ciclo semanal e deve introduzir o preço de custo da energia nas horas de vazio e horas fora de vazio, que neste caso é de 0,12 €/kWh e 0,23 €/kWh, respetivamente, e o consumo anual de energia que neste caso é de 7.500 kWh.

Entrada de Dados

1. Seleccione o Distrito



2. Seleccione a Potência Contratada

6,9 kVA

3. Seleccione a Tarifa

Normal Bi-Horária Tri-Horária

4. Seleccione o Ciclo da Tarifa

Ciclo Diário Ciclo Semanal

5. Insira o Preço de Custo da Energia

€ Horas de Vazio (€/kWh)

€ Horas Fora de Vazio (€/kWh)

6. Insira o Consumo Anual de Energia (kWh/Ano)

VALIDAR DADOS **SUBMETER**

Figura 7.10 – Entrada de dados (Caso 2)

Após fazer a validação dos dados e a submissão, a aplicação efetua os cálculos necessários utilizando a folha de cálculo do Excel e apresenta os resultados da Figura 7.11. Conforme se pode observar, a potência a instalar indicada para esta situação é de 2.000 W, com uma estimativa de produção fotovoltaica anual de 3.000 kWh e um excedente injetado na RESP

de 199 kWh. A energia anual consumida proveniente do sistema solar é de aproximadamente 37%, sendo os restantes 63% provenientes da RESP. A poupança no primeiro ano é de 499,84 €, o VAL é de 3.808,00 €, a TIR de aproximadamente 12% e o *payback* de 8 anos.

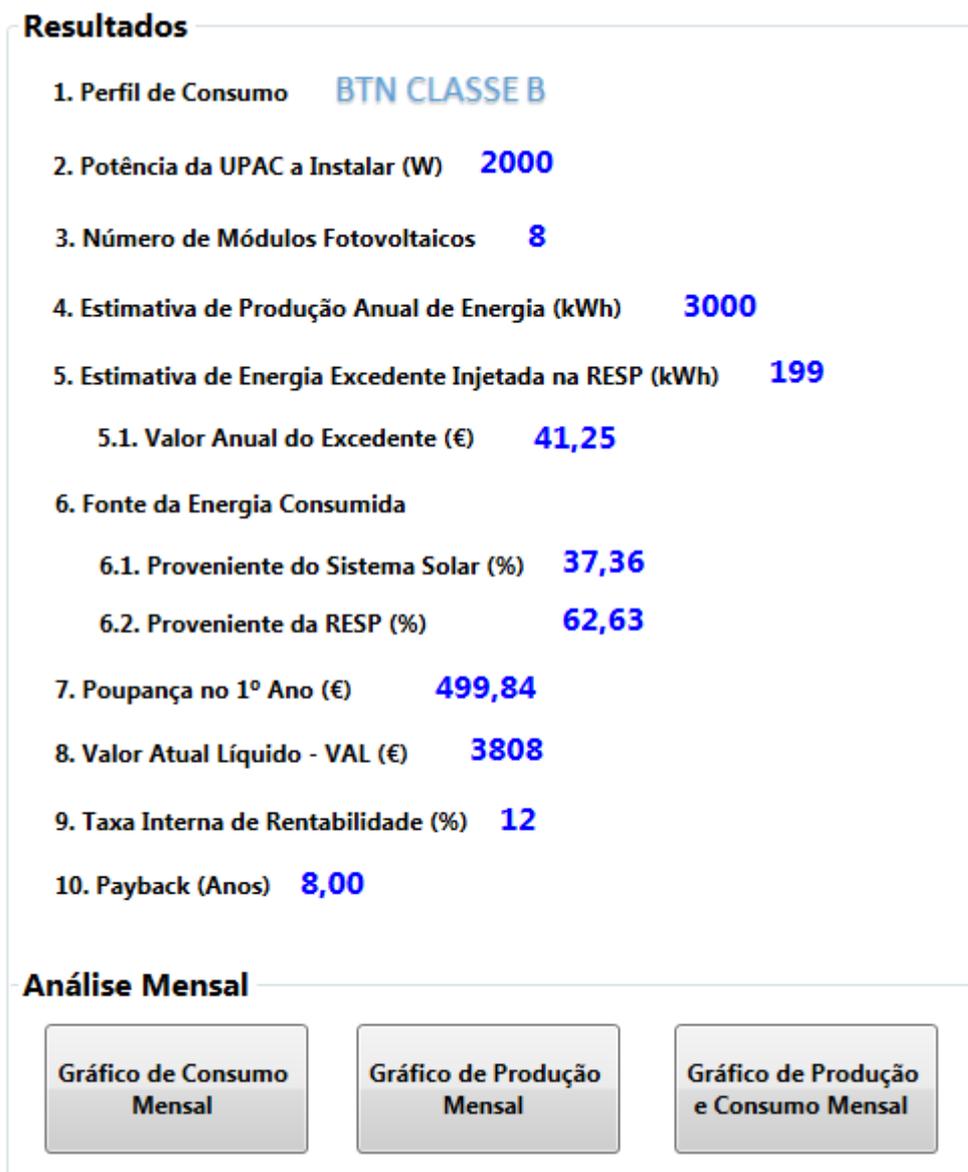


Figura 7.11 – Resultados (Caso 2)

O valor mais elevado do VAL foi o critério de seleção do número de módulos a instalar. Na Figura 7.12 encontra-se representado o valor do VAL e da TIR para diversas potências possíveis de instalação nesta UPAC.

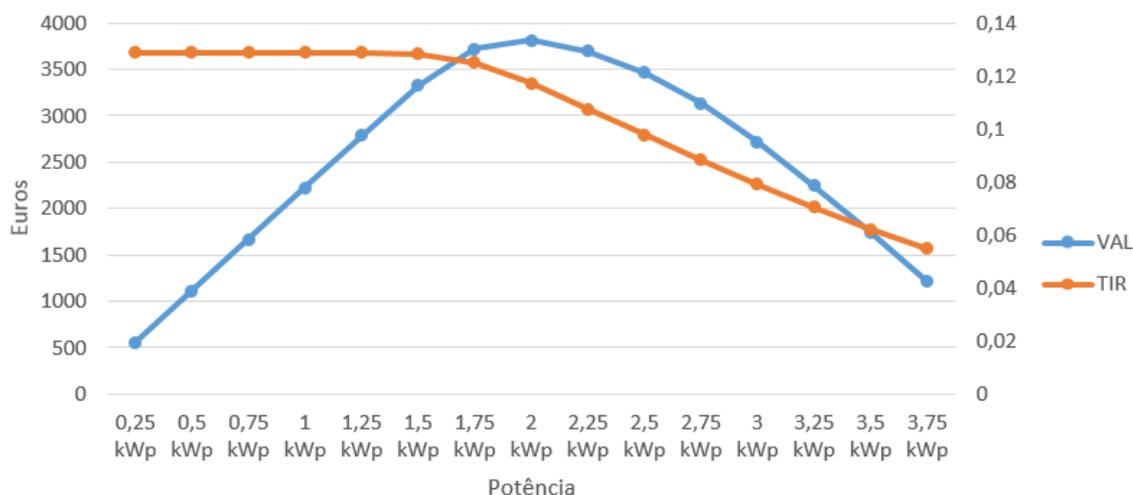


Figura 7.12 – VAL e TIR para diversas potências instaladas (Caso 2)

Conforme se pode observar na Figura 7.12, a potência a instalar nesta UPAC deve ser de 2 kWp, ou seja, oito módulos de 250 Wp, dado que é com essa potência que se alcança o maior VAL, no valor de 3.808,00 € com uma TIR de aproximadamente 12%.

7.4. CASO 3 – BAIXA TENSÃO NORMAL 20,7 kVA – BI-HORÁRIA

À semelhança do que foi feito para casos 1 e 2, no caso 3 pretende-se novamente simular o dimensionamento de uma UPAC sem acumulação e com injeção do excedente na RESP, sem remuneração, desta vez para uma habitação com uma potência contratada de 20,7 kVA e tarifa bi-horária, ciclo diário, de acordo com descrição apresentada na Tabela 7.3.

Tabela 7.3 – Descrição do contrato de energia (Caso 3)

Distrito	Lisboa
Potência Contratada	20,7 kVA
Tarifa	Bi-horária: Horas de vazio: 0,12 €/kWh Horas fora de vazio: 0,23 €/kWh
Ciclo	Diário
Consumo Anual	22.000 kWh

Esta habitação apresenta um perfil de consumo BTN Classe A, tendo uma potência contratada superior aos outros dois perfis de consumo de baixa tensão normal, com base

nesta informação é possível simular a distribuição dos consumos mensais, apresentados na Figura 7.13, bem como a estimativa do diagrama de carga, apresentado na Figura 7.14, de acordo com os perfis de consumo publicados pela ERSE para o ano de 2015.

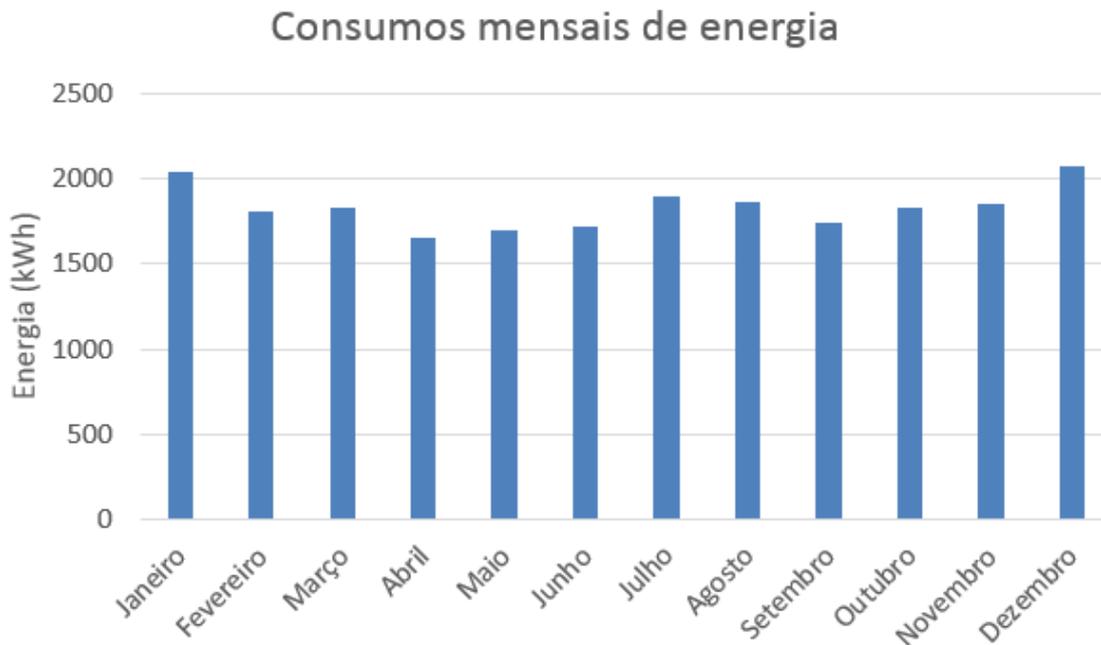


Figura 7.13 – Consumos mensais de energia (Caso 3)

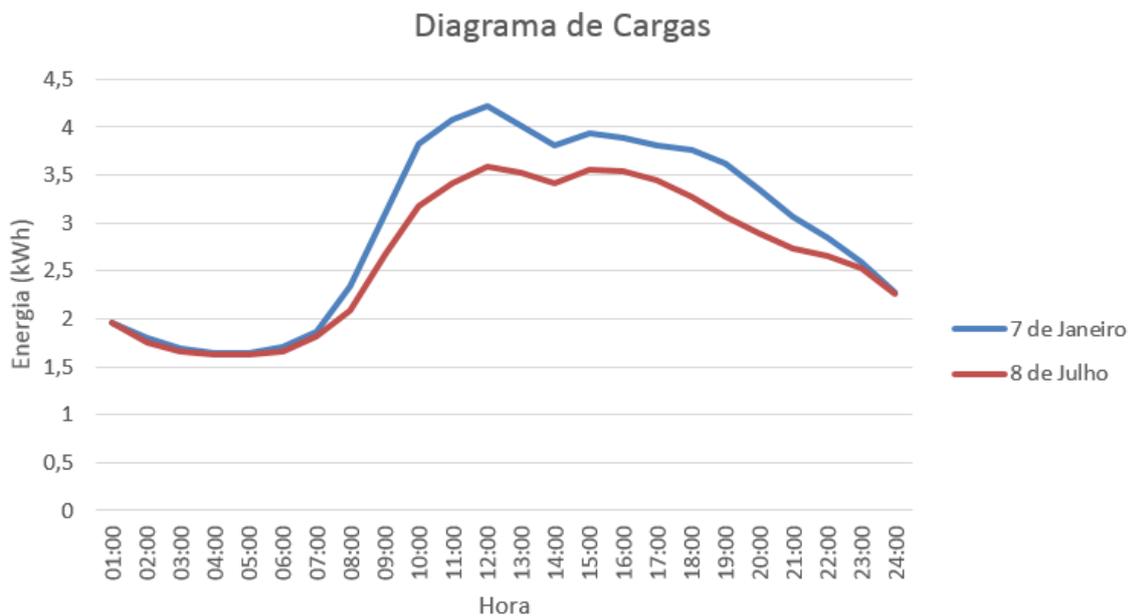
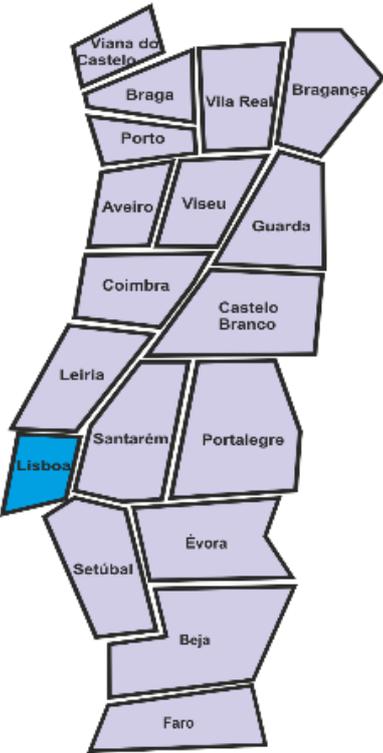


Figura 7.14 – Diagrama de cargas (Caso 3)

Para fazer o dimensionamento e o cálculo dos indicadores económicos, utilizando a aplicação informática desenvolvida, o utilizador deve preencher os dados de entrada de acordo com a Figura 7.15, ou seja, este deve selecionar o distrito de Lisboa no mapa, a potência contratada de 20,7 kVA, a tarifa bi-horária, o ciclo diário e deve introduzir o preço de custo da energia nas horas de vazio e nas horas fora de vazio que neste caso é de 0,12 €/kWh e 0,23 €/kWh, respetivamente, e o consumo anual de energia que neste caso é de 22.000 kWh.

Entrada de Dados

1. Seleccione o Distrito



2. Seleccione a Potência Contratada

20,7 kVA

3. Seleccione a Tarifa

Normal Bi-Horária Tri-Horária

4. Seleccione o Ciclo da Tarifa

Ciclo Diário Ciclo Semanal

5. Insira o Preço de Custo da Energia

€ Horas de Vazio (€/kWh)

€ Horas Fora de Vazio (€/kWh)

6. Insira o Consumo Anual de Energia (kWh/Ano)

VALIDAR DADOS **SUBMETER**

Figura 7.15 – Entrada de dados (Caso 3)

Após fazer a validação dos dados e a submissão, a aplicação efetua os cálculos necessários utilizando a folha de cálculo do Excel e apresenta os resultados da Figura 7.16. Conforme se pode observar, a potência a instalar indicada para esta situação é de 6.250 W, com uma

estimativa de produção fotovoltaica anual de 9.850 kWh e um excedente injetado na RESP de 881 kWh. A energia anual consumida proveniente do sistema solar é de aproximadamente 41%, sendo os restantes 59% provenientes da RESP. A poupança no primeiro ano é de 1.783,91 €, e relativamente aos indicadores económicos, o VAL é de 15.368,00 €, a TIR é de aproximadamente 14% e o *payback* é de 7 anos.

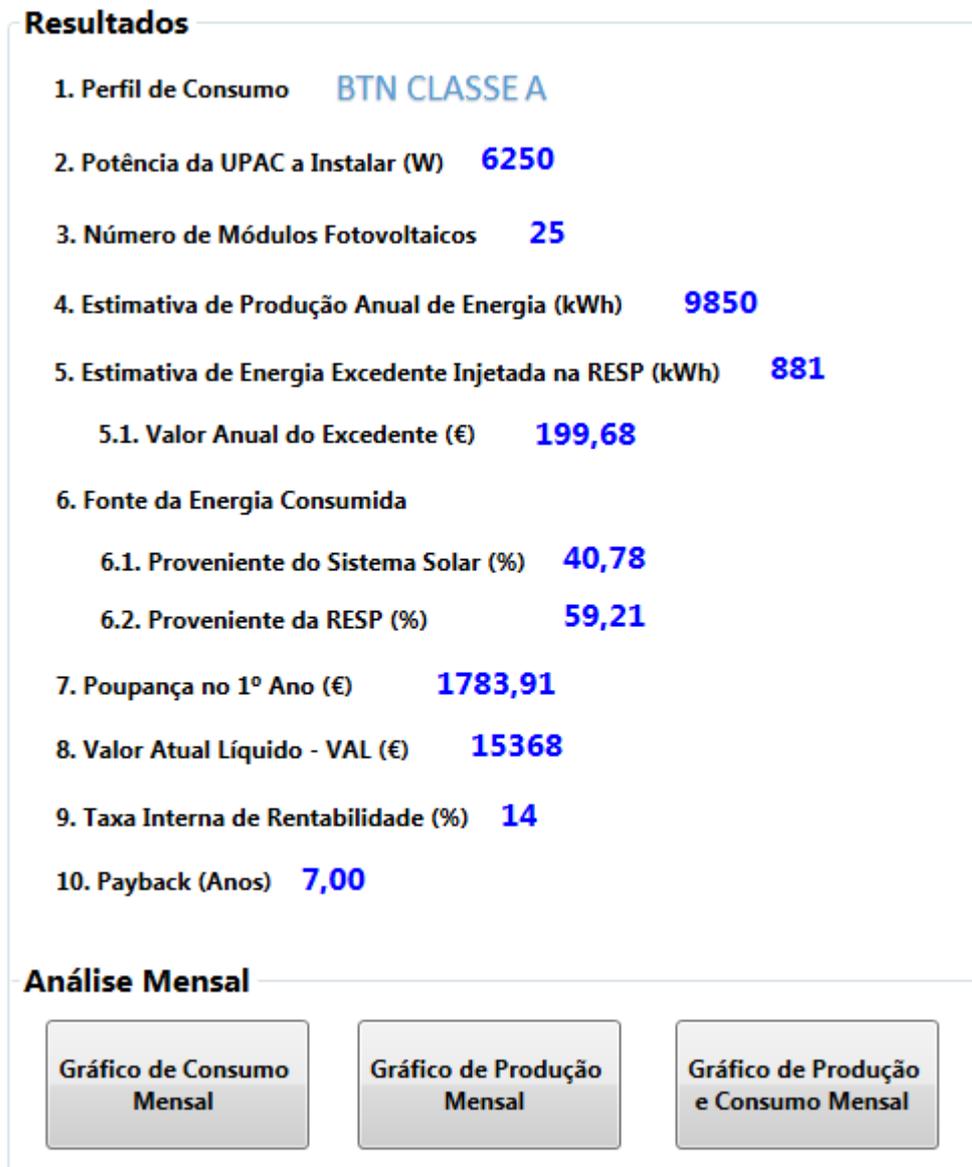


Figura 7.16 – Resultados (Caso 3)

O critério de seleção do número de módulos a instalar foi o valor mais elevado do VAL. Na Figura 7.17 encontra-se representado o valor do VAL e da TIR para diversas potências possíveis de instalação nesta UPAC.

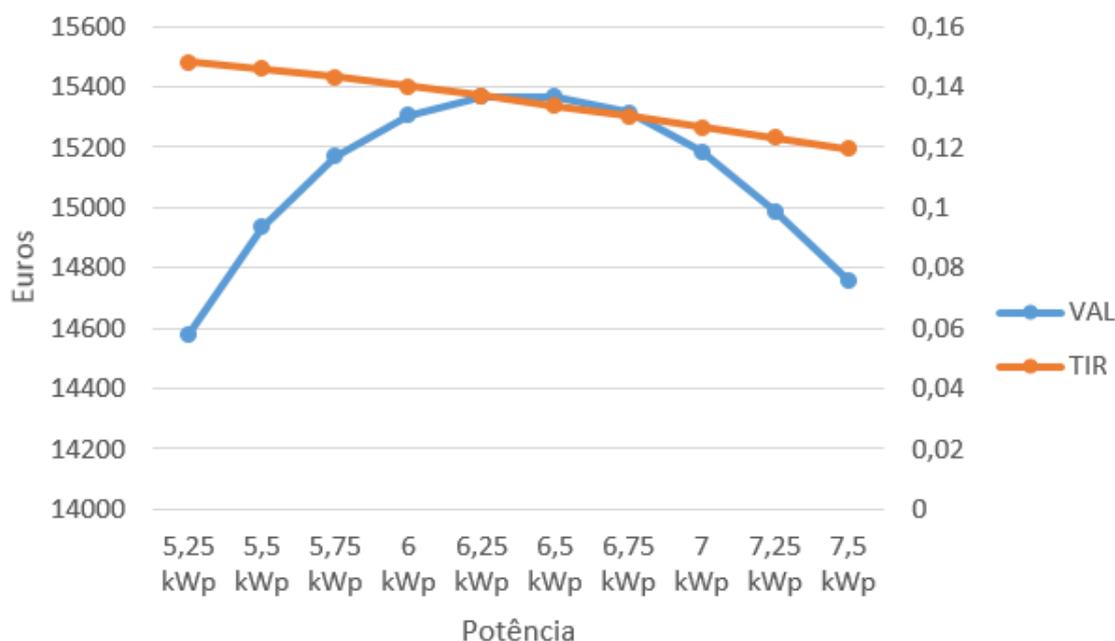


Figura 7.17 – VAL e TIR para diversas potências instaladas (Caso 3)

Conforme se pode observar na Figura 7.17, a potência a instalar nesta UPAC deve ser de 6,25 kWp, ou seja, 25 módulos de 250 Wp, dado que é com essa potência que se alcança o maior VAL, no valor de 15.368,00 € com uma TIR de aproximadamente 14%.

7.5. CONCLUSÕES

A seleção destes três casos para análise de resultados pretendeu exemplificar consumos reais de habitações de baixa tensão normal e abranger os tipos de consumidores mais recorrentes em Portugal Continental. Desta forma poderá ser útil para dar uma noção sobre as diferentes dimensões de unidades de produção para autoconsumo que variam mediante diversos fatores como são o caso dos perfis de consumo, distrito, consumo anual de energia e tarifa.

Os indicadores económicos VAL, TIR e *payback* proporcionam ao utilizador uma avaliação da viabilidade financeira do investimento, sendo que o VAL é considerado o mais importante, nesta aplicação o número de módulos fotovoltaicos a instalar é definido pelo maior valor do VAL. É importante salientar que o VAL deve apresentar valores positivos para que o investimento tenha sucesso a nível económico. No caso de o VAL ser negativo, o mais indicado seria não instalar a UPAC.

8. CONCLUSÃO

Ao longo desta dissertação foram sendo apresentadas conclusões que permitiram sustentar o conteúdo dos temas abordados e as opções de desenvolvimento efetuadas ao longo deste projeto. Assim, nesta última secção é realizada uma síntese das principais conclusões, consequências e relevância do trabalho realizado e prospetivos futuros desenvolvimentos.

Existe a nível mundial uma grande preocupação com questões relacionadas com o meio ambiente, com o aquecimento global e com as emissões de gases com efeito de estufa como é o caso do dióxido de carbono (CO_2), que é emitido, principalmente, pelo uso de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) nas atividades humanas. Nesse sentido, e de forma a combater a degradação do meio ambiente e promover o desenvolvimento económico, os principais governos mundiais têm seguido políticas de incentivo às energias renováveis e à eficiência energética.

Em Portugal, as energias renováveis têm assumido um papel cada vez mais importante na economia, esta é uma das formas de reduzir a dependência energética do país e contribuir para a criação de emprego especializado e promover a implementação de um modelo de produção distribuída, que aproxima a produção de energia elétrica das instalações de consumo, incentivando os consumidores a produzirem a sua própria energia.

A legislação referente às energias renováveis assume uma importância crucial na decisão de investimento nesse tipo de tecnologias por parte dos consumidores. Na última década, em Portugal, o governo tem apoiado a atividade de produção distribuída, exemplo disso foram os regimes de microprodução e miniprodução que revolucionaram favoravelmente o mercado fotovoltaico do país. Neste tipo de instalações a energia produzida era vendida à RESP com uma remuneração bastante atrativa, o valor recebido era muito superior ao valor de compra, atraindo muitos consumidores a tornarem-se produtores. No entanto, devido à conjuntura económica que o país tem vindo a atravessar, os incentivos começaram a diminuir tornando o investimento pouco interessante do ponto de vista económico. Na tentativa de atrair novamente investidores para o setor fotovoltaico surgiu o Decreto-Lei n.º 153/2014 que traz consigo uma alteração ao paradigma da produção e compra de energia elétrica em Portugal.

Com este novo Decreto-Lei, atualmente em vigor, os consumidores podem produzir e consumir a sua própria energia, conquistando uma independência das oscilações dos preços da energia. A atual legislação privilegia o modelo de geração distribuída assegurando a sustentabilidade técnica e económica do sistema elétrico nacional, e evitando possíveis sobrecustos para o sistema.

O autoconsumo assenta no princípio de que a energia elétrica produzida deve ser predominantemente consumida pelo produtor-consumidor. Consegue-se maior benefício quando a unidade de produção é dimensionada de acordo com as necessidades e padrões de consumo da instalação. O sobredimensionamento pode colocar a viabilidade económica do sistema em causa, especialmente em instalações com um número reduzido de módulos fotovoltaicos.

As diversas tipologias de autoconsumo existentes, bem como o seu modo de funcionamento associado proporcionam aos consumidores diferentes tipos de aplicações, desde sistemas isolados até sistemas ligados à RESP com ou sem acumulação e com possibilidade de injeção de excedente na rede. Os principais fatores a ter em conta para se obter o máximo proveito energético e económico de uma unidade de produção para autoconsumo são o seu dimensionamento e a orientação dos painéis fotovoltaicos. O dimensionamento deve ser adequado aos perfis de consumo de cada consumidor e a orientação da unidade de autoconsumo deve ser a mais adequada ao tipo de consumos da instalação.

A aplicação informática desenvolvida permitiu, para um determinado consumidor, baseado na sua localização, potência contratada, tarifa e consumo anual encontrar o seu perfil de consumo. Através desse perfil foi possível avaliar a viabilidade económica recorrendo a indicadores como o VAL, TIR e *payback*, e também apurar a potência fotovoltaica adequada tendo em conta o maior valor do VAL, entre outros fatores como poupança monetária no primeiro ano e origem da energia consumida.

A seleção dos três casos para análise de resultados pretendeu abranger os tipos de consumidores em baixa tensão normal mais recorrentes em Portugal Continental e exemplificar possíveis consumos reais. Efetuadas as análises e considerando os principais objetivos das unidades de produção para autoconsumo em ambiente doméstico, realça-se o impacto na redução de energia proveniente da RESP e também a tentativa de minimização de excedente a injetar na rede. O *payback* simples deste tipo de investimento é menos atrativo do que aquele que se verificava à alguns anos na microprodução, no entanto com a tendência de subida do preço de custo da energia elétrica, este pode ser considerado um bom investimento a pensar num futuro próximo. A opção de venda de excedente à rede não apresenta grande significado em termos de análise económica dado que a remuneração obtida tem um valor muito residual.

No âmbito do autoconsumo em baixa tensão normal, e em particular em ambiente doméstico, torna-se importante sintetizar alguns dos aspetos mais importantes constatados ao longo da elaboração desta dissertação, nomeadamente os seguintes:

- Para um máximo aproveitamento económico da UPAC é essencial conhecer o perfil de consumo da instalação de forma a obter um correto dimensionamento da unidade;
- O cálculo do valor atual líquido é um dos fatores mais importantes na escolha do número de módulos fotovoltaicos a instalar;
- O autoconsumo com recurso a sistemas de armazenamento de energia é uma solução tecnicamente viável, mas economicamente ainda não é muito rentável devido ao elevado custo das baterias e à sua curta durabilidade;
- Após a instalação de uma UPAC, a atualização do tarifário poderá ser útil para obter uma maior rentabilidade económica, bem como a adequação dos consumos ao sistema de autoconsumo;
- A orientação da unidade de produção para autoconsumo é um aspeto interessante a ter em conta, dado que existe a possibilidade de maximizar a produção de energia em

horas onde a energia tenha um custo mais elevado e dessa forma resulta uma maior rentabilidade do projeto.

Para futuros desenvolvimentos propõe-se a adaptação da aplicação existente através da colocação de informações técnicas como é o caso da indicação de equipamentos a instalar, seccionamento de cabos, equipamentos de proteção elétrica, entre outros. Existem no mercado diversos monitorizadores de energia que guardam dados de consumos em diversos formatos, outro possível desenvolvimento na aplicação passaria pela utilização dos dados de monitorizadores como base para o dimensionamento das unidades UPAC.

Referências Documentais

- [1] REN21 – Renewables 2015 – Global Status Report. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf
- [2] APREN - Associação de Energias Renováveis – Impacto macroeconómico do setor da eletricidade de origem renovável em Portugal. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: http://www.apren.pt/fotos/editor2/impacto_fer__relatorio_final_20140930.pdf
- [3] PVGIS – *Solar radiation and photovoltaic electricity potential country and regional maps for Europe*. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eur.htm>
- [4] MONTEIRO, José Alberto Máximo – Produção Fotovoltaica: Legislação, tarifas, tecnologia necessária e viabilidade económica para a produção numa perspetiva de chave na mão. Porto: Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia do Porto, 2014. Tese de Mestrado
- [5] SOARES, Nuno Filipe Gomes – Projeto e Monitorização de Sistemas de Produção de Energia, Baseados em Fontes de Energias Renováveis. Coimbra: Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, 2012. Tese de Mestrado
- [6] APREN - Associação de Energias Renováveis – A produção de eletricidade em Portugal. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: <http://apren.pt/pt/dados-tecnicos-3/dados-nacionais-2/producao-2/a-producao-de-electricidade-em-portugal-2/1-6/evolucao-do-peso-da-electricidade-de-origem-renovavel-em-portugal-entre-1999-e-2014-com-correcao-de-hidraulicidade/>
- [7] APREN - Associação de Energias Renováveis – A produção da PRE renovável em Portugal. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: <http://apren.pt/pt/dados-tecnicos-3/dados-nacionais-2/producao-2/a-producao-da-pre-renovavel-em-portugal-2/2-1-evolucao-da-producao-de-electricidade-pre-renovavel-em-portugal-entre-1999-e-2014-c-correcao-de-hidraulicidade/>
- [8] REN – Dados Técnicos 2014. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: http://www.ren.pt/files/2015-05/2015-05-04145306_f7664ca7-3a1a-4b25-9f46-

2056eef44c33\$\$72f445d4-8e31-416a-bd01-d7b980134d0f\$\$ee3c56e5-6d14-4aa0-ac1f-ca5006917e03\$\$storage_image\$\$pt\$\$1.pdf

- [9] EDP DISTRIBUIÇÃO – Regulamentação: Decreto-Lei n.º 189/88. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em:
<http://www.edpdistribuicao.pt/pt/produtor/cogeracao/EDP%20Documents/DL189-88.pdf>
- [10] APREN – Legislação: Resolução do Conselho de Ministros n.º 154/2001. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em:
<https://dre.pt/application/dir/pdf1s/2001/10/243B00/66486649.pdf>
- [11] APREN – Legislação: Decreto-Lei n.º 68/2002. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: <https://dre.pt/application/dir/pdfgratis/2002/03/071A00.pdf>
- [12] APREN – Legislação: Decreto-Lei n.º 363/2007. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: <https://dre.pt/application/dir/pdf1s/2007/11/21100/0797807984.pdf>
- [13] RENOVÁVEIS NA HORA – Miniprodução – Legislação: Decreto-Lei n.º 34/2011. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em:
http://www.renovaveisnadora.pt/c/document_library/get_file?uuid=f95523b7-9929-4c19-aadc-72ce9351bd01&groupId=13360
- [14] GOVERNO DE PORTUGAL – Enquadramento do novo regime de produção distribuída. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em:
http://www.portugal.gov.pt/media/1513250/enquadramento_do_novo_regime_de_pr odu__o_distribu_da.pdf
- [15] RENOVÁVEIS NA HORA – Informações: Estatísticas. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: <http://www.renovaveisnadora.pt/web/srm/estatisticas1>
- [16] APISOLAR – Decreto-Lei n.º 153/2014 de 20 de Outubro. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: <http://www.apisolar.pt/component/content/article/97-campanhas-apisolar/657-decreto-lei-no-1532014-de-20-de-outubro>
- [17] OMIE – Resultados do Mercado. [Consult. 15 Jul. 2015]. Disponível em:
<http://www.omie.es/files/flash/ResultadosMercado.swf>
- [18] REN – Eletricidade Centro de Informação. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em:
<http://www.centrodeinformacao.ren.pt/PT/InformacaoExploracao/Paginas/Estatistica Mensal.aspx>

- [19] KRANNICH-SOLAR – Fotovoltaica Isolada. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: <http://pt.krannich-solar.com/pt/autoconsumo/fotovoltaica-isolada.html>
- [20] ENERGLOBO – Autoconsumo. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: <http://www.energlobo.pt/autoconsumo.html>
- [21] CRITICAL KINETICS – Autoconsumo. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: <http://critical-kinetics.pt/Autoconsumo/upac-autoconsumo.html>
- [22] SMA SOLAR TECHNOLOGY – Autoconsumo Energético. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: <http://www.sma-iberica.com/es/productos/autoconsumo-energetico.html>
- [23] GREEN SAVERS – 7 Vantagens do novo modelo de autoconsumo de eletricidade para as empresas. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: <http://greensavers.sapo.pt/2015/02/20/7-vantagens-do-novo-modelo-de-autoconsumo-de-electricidade-para-as-empresas/>
- [24] COSTA, Sara Daniela Magalhães – Simulação de modelos de remuneração e estudo de mercado para sistemas fotovoltaicos de autoconsumo. Porto: Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia do Porto, 2014. Tese de Mestrado
- [25] GARCIA, Geuffer Prado – Avaliação Económica de Centrais Eólicas e Fotovoltaicas em Portugal Continental. Análise de Sensibilidade. Lisboa: Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, 2013, Tese de Mestrado
- [26] NISA, Tiago Horta – Avaliação Económica de Sistemas Solares Fotovoltaicos Residenciais. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2014. Tese de Mestrado
- [27] ERSE – Tarifas e Preços para a Energia Elétrica em 2015. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: http://www.erse.pt/pt/imprensa/comunicados/2014/Comunicados/20150423_COMUNICADO%20TARIFAS%20EE_2015.pdf
- [28] SOUSA, A. – Poupar Melhor: Preços da eletricidade 2001-2013. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: <http://www.pouparmelhor.com/noticias/precos-da-electricidade-2001-2013/>
- [29] ERSE – Tarifas transitórias de venda a clientes finais em Portugal continental em 2014. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em:

- http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/2014/Documents/PrecosTVCF%20PTCont_2014.pdf
- [30] ERSE – Tarifas transitórias de venda a clientes finais em Portugal continental em 2015. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em:
http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/2015/Documents/PrecosTVCF%20PTCont_2015.pdf
- [31] PVPARITY – *Competitiveness in the residential sector in the target countries*. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: <http://www.pvparity.eu/results/pv-competitiveness/>
- [32] DRE – Entidade Reguladora Dos Serviços Energéticos. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em: <https://dre.pt/application/file/66184839>
- [33] ERSE – Caracterização da Procura de Energia Elétrica em 2015. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em:
[http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/2015/Documents/PaginaPrincipal/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20Procura%20EE%202015%20\(Final-Dez14\).pdf](http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/2015/Documents/PaginaPrincipal/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20Procura%20EE%202015%20(Final-Dez14).pdf)
- [34] ERSE – Perfis de consumo em 2015 para instalações em BT e o diagrama de carga de referência. [Consult. 15 Jun. 2015]. Disponível em:
<http://www.erse.pt/pt/electricidade/regulamentos/acessoasredesaasinterligacoes/Paginas/PerfishorariosdeperdasedeconsumoemBTEBTNeIP.aspx>