

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Análise económica da viabilidade de produção em autoconsumo

Gilberto Azevedo Moreira

VERSÃO FINAL

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Major Energia

Orientador: Professor Doutor Fernando Pires Maciel Barbosa

Setembro de 2015

Resumo

No dia 20 de outubro de 2014 foi publicado o Decreto-Lei n.º 153/2014, que estabelece um novo regime para o autoconsumo, com mini e microprodução.

O autoconsumo permite consumir a energia produzida, com ou sem ligação à rede pública, baseada em tecnologias de produção renováveis ou não renováveis. No caso de existir excesso de produção, o consumidor poderá injetar na rede o excesso de energia, sendo remunerado.

Na presente dissertação analisa-se a viabilidade de um conjunto de soluções existentes no mercado e que permitem ao consumidor usufruir do novo regime. Essas soluções passam pela instalação do equipamento de autoconsumo de 200 W, 250 W, 500 W, 750 W ou 1500 W na habitação do consumidor.

Em primeiro lugar, determinaram-se para o perfil do consumidor analisado, as grandezas de energia anuais bem como os custos relacionados a essas grandezas.

Em segundo lugar, elaborou-se uma análise económica para um período de 25 anos, tendo em conta três cenários pré-estabelecidos. Estes cenários consistem em manter constante, aumentar 0,05 % ou 1 %, por ano, o preço da eletricidade. Esta análise foi realizada para cada equipamento de autoconsumo.

Palavras-Chave: Autoconsumo, miniprodução e microprodução.

Abstract

On October 20th, 2014 was published the e-Law No. 153/2014, where a new regime for self-consumption was established, considering mini and micro production.

The self-consumption allows to consume the energy produced, with or without connection to the public network based on renewable or non-renewable technologies. If there is excess production, the consumer can inject it on the net, being paid for it.

In this dissertation is analysed the viability of a set of solutions that enables consumers to take advantage of the new regime. These solutions include the installation of self-consumption equipment 200 W, 250 W, 500 W, 750 W and 1500 W in the consumer's home.

The annual energy quantities were determined as well as costs related to these quantities.

An economic analysis for a period of 25 years was performed, taking into account three established scenarios. These scenarios consist of fixed, increasing 0.05 % or 1 % per year, the price of electricity. This analysis was performed for each self-consumption equipment.

Keywords: *Electricity Self-consumption, microproduction and microproduction.*

Agradecimentos

Agradeço ao Professor Doutor Fernando Maciel Barbosa pelo apoio, disponibilidade e sugestões que foram cruciais para o desenvolvimento desta dissertação.

Um agradecimento em especial, aos meus Pais pelo apoio, paciência e espírito de sacrifício que demonstraram durante o meu percurso pessoal e académico. Sem Eles a minha formação não teria sido possível.

Agradeço ao meu Irmão pelo apoio, animação e, sobretudo, compreensão prestada no decorrer do meu percurso académico.

Agradeço aos meus Amigos por me animarem e ajudarem a ultrapassar alguns períodos menos bons e por me proporcionarem momentos verdadeiramente inesquecíveis.

A Todos, o meu sincero obrigado.

“Happiness [is] only real when shared”

Jon Krakauer

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice.....	xi
Lista de figuras	xiii
Lista de tabelas	xvi
Abreviaturas e Símbolos	xvii
Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1 - Enquadramento	1
1.2 - Objetivos	2
1.3 - Ferramentas e Dados Utilizados.....	2
1.4 - Estrutura da Dissertação.....	2
Capítulo 2	4
Autoconsumo	4
2.1 - Sistemas de Autoconsumo Isolados	4
2.2 - Sistemas de Autoconsumo Ligados à RESP	5
2.3 - <i>Net-metering</i>	7
2.4 - <i>Net-billing</i>	8
2.5 - Benefícios do Autoconsumo	9
2.6 - Barreiras ao Autoconsumo.....	11
2.7 - Políticas na Europa	16
2.8 - Conclusões	17
Capítulo 3	19
Legislação Nacional.....	19
3.1 - Entidades Instaladoras da UP	19
3.2 - Direção-Geral de Energia e Geologia	19
3.3 - Sistema Eletrónico de Registo da UPAC	20
3.4 - Comunicação Prévia	20
3.5 - Registo e Certificado de Exploração.....	20
3.6 - Procedimentos de Inspeção e de Reinspeção	20
3.7 - Contagem	20
3.8 - Garantias de Origem	21
3.9 - Contrato de Venda de Eletricidade ao CUR	21
3.10 - Remuneração da Energia Proveniente das UPAC	21
3.11 - Grande Produção	22
3.12 - Compensação Devida pelas UPAC	23
3.13 - Fiscalização.....	24
3.14 - Inspeção Periódica	24
3.15 - Taxas	25
3.16 - Registo das UPAC Ligadas à Rede Pública	25

3.17 - Conclusões	26
Capítulo 4	27
Características do Consumidor e Metodologia	27
4.1 - Dados de Consumo	27
4.2 - Dados de Radiação Solar Diária	29
4.3 - Grandezas de Energia	30
4.4 - Custos	31
4.5 - Remunerações	32
4.6 - Métodos para Avaliação Económica	33
4.7 - Conclusões	35
Capítulo 5	36
Análise Económica - Casos de Estudo	36
5.1 - Equipamento de Autoconsumo de 200 W	36
5.2 - Equipamento de Autoconsumo de 250 W	40
5.3 - Equipamento de Autoconsumo de 500 W	44
5.4 - Equipamento de Autoconsumo de 750 W	47
5.5 - Equipamento de Autoconsumo de 1500 W	51
5.6 - Conclusões	54
Capítulo 6	55
Conclusões e Trabalhos Futuros	55
Referências	57
Anexo A - Material Constituinte para Cada Equipamento de Autoconsumo	60
Anexo B - Resultados para o Equipamento de Autoconsumo de 200 W	61
Anexo C - Resultados para o Equipamento de Autoconsumo de 250 W	65
Anexo D - Resultados para o Equipamento de Autoconsumo de 500 W	69
Anexo E - Resultados para o Equipamento de Autoconsumo de 750 W	73
Anexo F - Resultados para o Equipamento de Autoconsumo de 1500 W	77

Lista de figuras

Figura 2.1 - Sistema isolado de autoconsumo com cargas de CC e de CA [2].	4
Figura 2.2 - Sistema isolado de autoconsumo com cargas de CC [2].	5
Figura 2.3 - Funcionamento de um sistema com acumulador de energia [4].	6
Figura 2.4 - Funcionamento de um sistema sem acumulador de energia [4].	6
Figura 2.5 - Esquema de montagem para o sistema de autoconsumo com injeção na rede.....	7
Figura 2.6 - Funcionamento de um sistema de <i>net-metering</i> [4].	7
Figura 2.7 - Esquema de montagem segundo o modelo de <i>net-metering</i>	8
Figura 2.8 - Esquema de montagem segundo o modelo de <i>net-billing</i>	9
Figura 2.9 - Investimento em todo o mundo conforme os diferentes tipos de financiamento durante o período 2010-13 (em US\$ mil milhões) [1].	10
Figura 2.10 - Alteração do triângulo para o quadrado da política energética [1].	11
Figura 2.11 - Evolução dos preços de eletricidade, em €/kWh, para os consumidores domésticos em 2008-2014 [9].	13
Figura 2.12 - Taxa de transferência para consumidores domésticos na Europa [7].	14
Figura 2.13 - Paridade da rede a nível europeu [1].	16
Figura 3.1 - Custos de CIEG associados à produção de energia elétrica por unidade produzida [21].	23
Figura 3.2 - Processo de licenciamento para UPAC com potência superior a 1,5 kW.....	25
Figura 4.1 - Leituras dos consumos efetuadas ao longo de 2014.	28
Figura 4.2 - Consumos após a substituição dos valores anómalos.	28
Figura 4.3 - Obtenção do valor médio da radiância solar diária para cada mês [22].	29
Figura 4.4 - Valores médios da radiância solar diária para cada mês.	30
Figura 5.1 - Grandezas de energia anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 200 W.	37
Figura 5.2 - Grandezas de custo anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 200 W.	37
Figura 5.3 - Grandezas de energia no dia 6 de janeiro de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 200 W.	38
Figura 5.4 - Grandezas de energia no dia 7 de julho de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 200 W.	38

Figura 5.5 - Grandezas de energia diárias para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 200 W.	39
Figura 5.6 - Grandezas de energia anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 250 W.	41
Figura 5.7 - Grandezas de custo anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 250 W.	41
Figura 5.8 - Grandezas de energia no dia 6 de janeiro de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 250 W....	42
Figura 5.9 - Grandezas de energia no dia 7 de julho de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 250 W....	42
Figura 5.10 - Grandezas de energia diárias para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 250 W.	43
Figura 5.11- Grandezas de energia anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 500 W.	44
Figura 5.12 - Grandezas de custo anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 500 W.	45
Figura 5.13 - Grandezas de energia no dia 6 de janeiro de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 500 W....	45
Figura 5.14 - Grandezas de energia no dia 7 de julho de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 500 W....	46
Figura 5.15 - Grandezas de energia diárias para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 500 W.	46
Figura 5.16 - Grandezas de energia anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 750 W.	48
Figura 5.17 - Grandezas de custo anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 750 W.	48
Figura 5.18 - Grandezas de energia no dia 6 de janeiro de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 750 W....	49
Figura 5.19 - Grandezas de energia no dia 7 de julho de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 750 W....	49
Figura 5.20 - Grandezas de energia diárias para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 750 W.	50
Figura 5.21 - Grandezas de energia anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 1500 W.....	51
Figura 5.22 - Grandezas de custo anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 1500 W.....	52
Figura 5.23 - Grandezas de energia no dia 6 de janeiro de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 1500 W. .	52
Figura 5.24 - Grandezas de energia no dia 7 de julho de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 1500 W. .	53

Figura 5.25 - Grandezas de energia diárias para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 1500 W. 53

Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Dados de dois consumidores com um sistema <i>net-metering</i> [5].....	8
Tabela 2.2 - Dados de dois consumidores com um sistema <i>net-billing</i> [5].	8
Tabela 2.3 - Percentagem de consumidores domésticos com preços regulados na Europa [8].....	12
Tabela 2.4 - Resumo das medidas de apoio para aplicações fotovoltaicas em alguns países europeus [15].	17
Tabela 3.1 - Preço médio aritmético de Portugal, em €/MWh, nos últimos 5 anos [20].....	22
Tabela 3.2 - Valores associados à variável $V_{CIEG, 2015}$ em relação ao tipo de fornecimento [21].	24
Tabela 3.3 - Análise sumária dos principais requisitos exigidos às UPAC conforme a dimensão das mesmas [17].	26
Tabela 4.1 - Preços praticados pela empresa FF Solar [24].	31
Tabela 4.2 - Valor médio do OMIE relativamente aos últimos cinco anos e meio.	32
Tabela 5.1 - Principais dados para o equipamento de autoconsumo de 200 W.....	40
Tabela 5.2 - Resultados obtidos para os métodos de avaliação económica.	40
Tabela 5.3 - Principais dados para o equipamento de autoconsumo de 250 W.....	43
Tabela 5.4 - Resultados obtidos para os métodos de avaliação económica.	43
Tabela 5.5 - Principais dados para o equipamento de autoconsumo de 500 W.....	47
Tabela 5.6 - Resultados obtidos para os métodos de avaliação económica.	47
Tabela 5.7 - Principais dados para o equipamento de autoconsumo de 750 W.....	50
Tabela 5.8 - Resultados obtidos para os métodos de avaliação económica.	51
Tabela 5.9 - Principais dados para o equipamento de autoconsumo de 1500 W.	54
Tabela 5.10 - Resultados obtidos para os métodos de avaliação económica.	54

Abreviaturas e Símbolos

Lista de abreviaturas

AC	Autoconsumo
ACER	Agência de Cooperação dos Reguladores da Energia
AP	Autoprodução
BTE	Baixa Tensão Especial
BTN	Baixa Tensão Normal
C	Consumo
CA	Corrente Alternada
CAE	Contrato de Aquisição de Energia
CC	Corrente Contínua
CEER	<i>Council of European Energy Regulators</i>
CIEG	Custo de Interesse Económico Geral
CL	Consumo Líquido
CMEC	Custo de Manutenção do Equilíbrio Contratual
CUR	Comercializador de Último Recurso
CV	Certificado Verde
DE	Alemanha
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
EEG	Energia Renovável da Alemanha
EEGO	Entidade Emissora de Garantias de Origem
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
ES	Espanha
FiP	Tarifa <i>feed-in-premium</i>
FiT	Tarifa <i>feed-in</i>
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
FR	França
FV	Fotovoltaico
GO	Garantia de Origem
IL	Injetada Líquida
IT	Itália
IVA	Imposto sobre o Valor Acrescentado
LCOE	<i>Levelized Cost Of Electricity</i>
OMIE	Operador do Mercado Ibérico de Energia
PRE	Produção em Regime Especial

PRI	Período de Recuperação do Investimento
PVGIS	<i>Photovoltaic Geographical Information System</i>
RESP	Rede Elétrica de Serviço Público
RND	Rede Nacional de Distribuição
SEN	Sistema Elétrico Nacional
SERUP	Sistema Eletrónico de Registo da UPAC
TIR	Taxa Interna de Rendibilidade
UE	União Europeia
UK	Reino Unido
UP	Unidade de Produção
UPAC	Unidade de Produção para Autoconsumo
UPP	Unidade de Pequena Produção
VAL	Valor Atual Líquido

Capítulo 1

Introdução

1.1 - Enquadramento

A Europa enfrenta desafios no domínio da energia que incluem questões como o aumento da dependência das importações, os preços elevados da energia, a crescente procura energética a nível global, as crescentes ameaças decorrentes das alterações climáticas e o progresso lento em matéria de eficiência energética, entre outras. A União Europeia (UE) definiu como objetivos para 2020: a redução em 20 % das emissões de gases com efeito de estufa relativamente aos níveis registados em 1990; a obtenção de 20 % de energia a partir de fontes renováveis e o aumento de 20 % na eficiência energética. Deste modo, os diversos países da UE terão de implementar medidas de forma a conseguirem atingir tais metas.

Em Portugal, com a publicação do Decreto-Lei n.º 34/2011, de 8 de março, alterado pelo Decreto-Lei n.º 25/2013, de 19 de fevereiro, procedeu-se à revogação do Decreto-Lei n.º 68/2002, de 25 de março, o qual regulava a atividade de produção de energia elétrica em baixa tensão destinada predominantemente a consumo próprio, sem prejuízo da possibilidade de entrega da produção excedente a terceiros ou à rede pública. Aquando da publicação do Decreto-Lei n.º 34/2011 verificou-se que o regime de autoconsumo não teve a aceitação esperada, encontrando-se poucas unidades com estas características registadas. O principal fator que levou a este resultado consistiu na imaturidade da tecnologia que desincentivava a realização de um elevado investimento. Deste modo, a aposta neste tipo de tecnologias apoiou-se numa política de atribuição de uma remuneração bonificada da totalidade da energia produzida, a fim de os promotores recuperarem os montantes investidos.

Atualmente, a produção descentralizada através de unidades de mini/microprodução têm demonstrado que a evolução tecnológica possibilita o desenvolvimento de projetos com recurso a um menor investimento. Assim, através do Decreto-Lei nº 153/2015 de 20 de outubro de 2014 é ainda definido outro regime, onde estão definidas as unidades de mini/microprodução intituladas agora como Unidades de Pequena Produção (UPP). Este outro regime de autoconsumo permite consumir diretamente a energia produzida, sendo possível vender o excedente de produção à rede.

A energia elétrica produzida em autoconsumo destina-se predominantemente ao consumo na instalação de utilização associada à respetiva unidade produtora, com ou sem ligação à rede

2 Introdução

elétrica pública, baseada em tecnologias de produção renováveis ou não renováveis, designadas por “Unidades de Produção para Autoconsumo” (UPAC). A atividade de produção em autoconsumo, como forma de promover um maior conhecimento do respetivo perfil de consumo, induz comportamentos de eficiência energética e contribui para a otimização dos recursos endógenos e criação de benefícios técnicos para a Rede Elétrica de Serviço Público (RESP).

1.2 - Objetivos

Neste trabalho pretende-se elaborar uma análise económica da viabilidade de produção em autoconsumo. De uma forma simplificada, pretende-se que o trabalho cumpra os objetivos propostos:

- Estudo e caracterização do autoconsumo;
- Estudo da legislação existente a nível nacional relativa ao tema;
- Definição de um consumidor e as respetivas características;
- Realização de uma análise económica da viabilidade de produção em autoconsumo para o consumidor escolhido.

1.3 - Ferramentas e Dados Utilizados

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizado um conjunto de dados de consumos de um consumidor com uma potência contratada de 3,45 kVA de um total de 65 consumidores. Esta amostra de consumos foi fornecida pelas empresas PH Energia e ISA, sendo as medições efetuadas pelo equipamento *cloogy*.

Para o tratamento de dados de consumos e para a realização da análise económica foi utilizado o Microsoft Excel. Para a obtenção de valores de radiância solar típicos para cada mês recorreu-se ao *software* PVGIS.

1.4 - Estrutura da Dissertação

Esta dissertação apresenta-se organizada em 6 capítulos.

No capítulo 1 é realizado uma introdução ao trabalho, no qual se enquadra o tema, a sua importância e se apresenta os objetivos que se pretendem alcançar. Ainda são indicadas as ferramentas utilizadas bem como a origem do conjunto de dados de consumo utilizado.

No capítulo 2 é feita uma descrição dos vários tipos de sistemas de autoconsumo e um levantamento dos benefícios e barreiras do autoconsumo. Posteriormente, são apresentadas algumas políticas de autoconsumo implementadas na UE.

No capítulo 3 encontram-se os principais aspetos do recente Decreto-Lei n.º 153/2014 relacionado com o autoconsumo.

No capítulo 4 são apresentadas as características do consumidor bem como o processo de filtragem aplicado ao conjunto de dados de consumo. É, também, apresentada a forma como se obteve os valores de radiância solar diários típicos para cada mês e, ainda, é descrita a metodologia adotada na análise económica para os diferentes métodos de avaliação.

No capítulo 5 é efetuada a análise económica para cada caso de estudo, sendo apresentados os resultados obtidos e feitas diversas comparações entre estes.

No capítulo 6 são indicadas as principais conclusões retiradas ao longo da dissertação e algumas recomendações com interesse no desenvolvimento de trabalhos futuros.

Capítulo 2

Autoconsumo

O autoconsumo consiste na produção de eletricidade a partir de um sistema, baseado em tecnologias renováveis ou não renováveis, instalado na habitação de um consumidor, com ou sem ligação à rede elétrica de serviço público (RESP), para consumo próprio. Nos seguintes pontos são apresentadas algumas características que os diferenciam.

2.1 - Sistemas de Autoconsumo Isolados

Os sistemas isolados de autoconsumo são concebidos para alimentar um conjunto de cargas que funcionam isoladamente da RESP. Normalmente, a sua instalação é realizada em locais remotos onde se evidencia uma dificuldade no acesso à eletricidade. Neste tipo de sistemas toda a energia consumida é gerada pela própria instalação, e o excesso de produção é armazenado por baterias de maneira assegurar a alimentação dos consumos de eletricidade durante o período noturno [1].

Para além da integração dos módulos fotovoltaicos e das baterias, este tipo de sistemas também abrange outros equipamentos, como o regulador de carga que possibilita a gestão de carga das baterias, e o inversor que consiste em converter a tensão contínua em tensão alternada, com a frequência e amplitude da rede, para o caso de existir cargas a alimentar em corrente alternada (CA) [2].

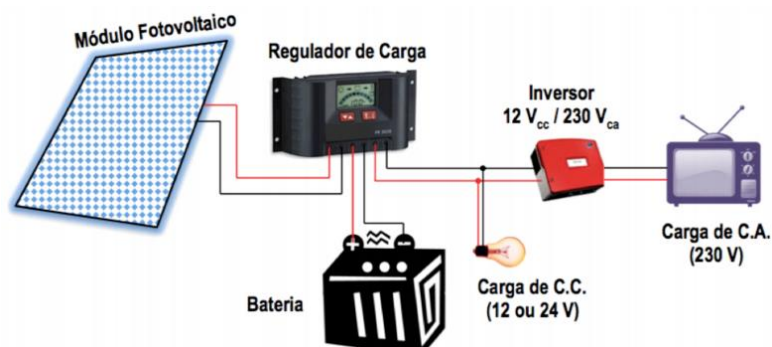


Figura 2.1 - Sistema isolado de autoconsumo com cargas de CC e de CA [2].

Há sistemas isolados que alimentam apenas cargas de corrente contínua (CC) e, por isso, não existe a necessidade na utilização de inversores, tornando assim os sistemas mais económicos e eficientes [2].

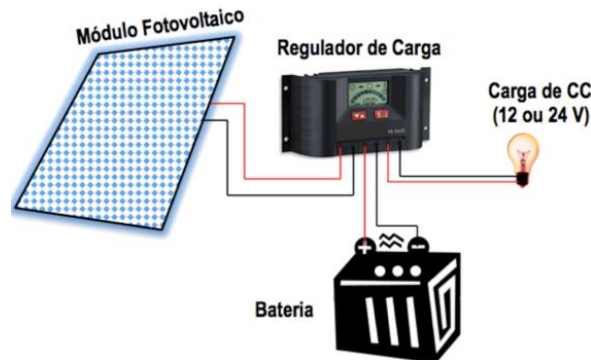


Figura 2.2 - Sistema isolado de autoconsumo com cargas de CC [2].

De realçar que, para ambas as situações, o conjunto de baterias é colocado em paralelo com o fluxo de energia do sistema. Este conjunto, após ficar completamente carregado, pode ser desligado do sistema de maneira a permitir que as cargas possam ser alimentadas somente pela energia gerada pelos módulos fotovoltaicos [2].

2.2 - Sistemas de Autoconsumo Ligados à RESP

Neste tipo de sistemas a energia consumida pode ser obtida a partir da que é gerada pelo próprio sistema, também designada por energia autoconsumida, ou então da energia proveniente da rede elétrica, denominada por energia consumida líquida. De salientar que se dá primazia à energia autoproduzida no local [3]. Consoante o destino do excedente de produção é possível diferenciar os sistemas com e sem injeção na rede.

De salientar que a descrição dos sistemas são relativos a vários países europeus.

2.2.1 - Sistemas sem Injeção na Rede

A não injeção do excedente de produção na rede permite que a energia autoproduzida seja utilizada no momento ou então armazenada em baterias [3].

Para o caso em que o sistema tenha capacidade de acumular energia, os equipamentos instalados deverão analisar o fluxo de potência no ponto de entrada para que o inversor/regulador de carga produza a energia necessária para alimentar as cargas, sendo o excedente armazenado em baterias. No entanto, a produção instantânea poderá ser insuficiente ou inexistente. Assim sendo, o sistema deverá consumir preferencialmente a energia acumulada em baterias e, só depois destas atingirem o seu limite, recorre-se à energia proveniente da RESP [3].

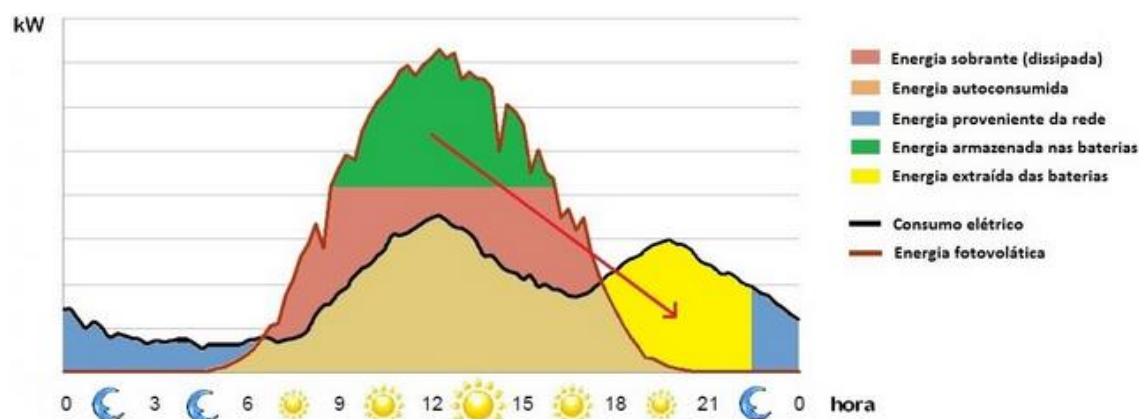


Figura 2.3 - Funcionamento de um sistema com acumulador de energia [4].

No caso de se tratar de um sistema sem capacidade para acumular energia são necessárias soluções capazes de evitar que a produção excedentária seja injetada na RESP. Deste modo, os mesmos equipamentos deverão analisar o fluxo de potência na entrada para que o inversor produza apenas a energia solicitada pelas cargas, evitando a injeção de excedente na RESP, garantindo-se uma corrente mínima da RESP às cargas. A existir uma produção de energia insignificante, o déficit em falta deverá ser assegurado pela RESP [3].

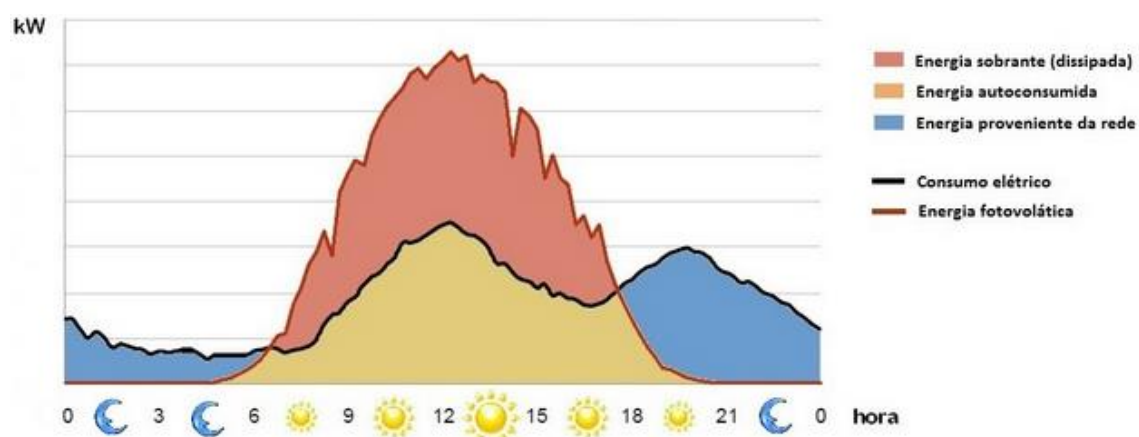


Figura 2.4 - Funcionamento de um sistema sem acumulador de energia [4].

2.2.2 - Sistemas com Injeção na Rede

O sistema que se encontra ligado à rede permite produzir energia e, também, encaminhar, para a mesma, a produção excedente, com ou sem remuneração, dependendo do tipo de instalação e do licenciamento. Em caso de necessidade, possibilita o abastecimento.

No caso de não existir capacidade de armazenamento neste tipo de sistemas, a forma de rentabilizar ao máximo a energia produzida passa por esta ser igual ou inferior à energia necessária na instalação num certo momento. Deste modo, este tipo de sistema comporta-se da seguinte maneira:

- Consumo real é inferior à energia autoproduzida implica que a energia restante é injetada na rede (chamada energia injetada líquida);
- Consumo real é superior à energia autoproduzida implica que a energia em falta é fornecida pela RESP (denominada energia consumida líquida) [3].

Na tentativa de consumir a energia produzida na sua totalidade, o sistema de autoconsumo com baterias possui a capacidade de acumular a energia produzida não consumida. Desta forma assegura-se que no decorrer do tempo de produção solar, o consumo da instalação esteja coberto, mas que a energia necessária, além da produção solar, possa ser fornecida pelas baterias, enquanto estas tenham carga suficiente. Apenas depois, ou em casos de excesso de consumo, é que a rede pública fornecerá a energia em falta. Os sistemas de autoconsumo com baterias, e também estes com injeção na rede, são os mais versáteis pois permitem consumir energia sem que esta tenha de ser produzida no momento.

Relativamente ao tipo de contagem associado a um sistema de autoconsumo, a instalação terá de ter do lado do painel fotovoltaico um contador unidirecional que contabiliza a energia produzida, e do lado do consumo um contador bidirecional que permite medir e diferenciar duas grandezas: a energia consumida líquida e a energia injetada (produzida) líquida.

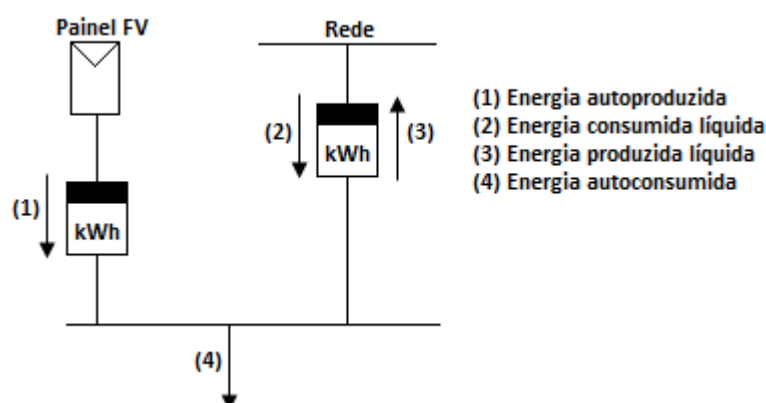


Figura 2.5 - Esquema de montagem para o sistema de autoconsumo com injeção na rede.

2.3 - Net-metering

Trata-se de um sistema de autoconsumo onde é permitido a injeção de excedente na rede, passando esta a funcionar como uma forma de armazenamento de energia elétrica. Neste sistema é medida a diferença entre os kWh consumidos e os produzidos pelo consumidor. Normalmente, é usado um contador que aumenta por cada kWh requerido à rede e diminui por cada kWh vendido à rede [5]. Desta forma, a energia injetada é usada para compensar, na fatura elétrica, o consumo efetuado, creditando o consumidor/produzidor pela quantidade de energia elétrica injetada.

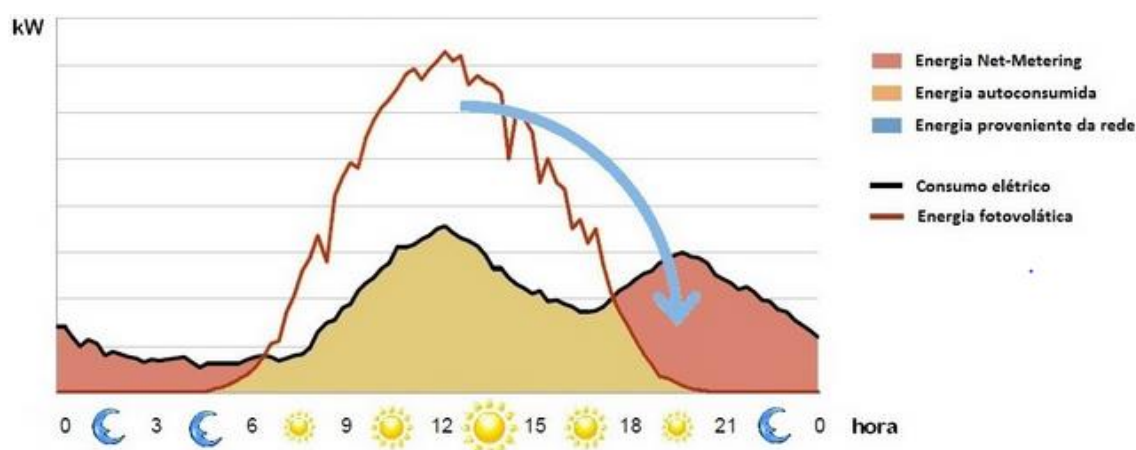


Figura 2.6 - Funcionamento de um sistema de net-metering [4].

A título exemplificativo suponha-se os seguintes consumidores A e B. O contador do consumidor A regista 150 kWh (diferença entre os 800 kWh e os 650 kWh) e, por isso, terá de pagar à rede pelos 150 kWh contabilizados. Por outro lado, o contador do consumidor B regista -25 kWh (875 kWh menos 900 kWh) pelo que terá de receber da rede esse valor de energia.

Tabela 2.1 - Dados de dois consumidores com um sistema *net-metering* [5].

	kWh consumidos da rede	kWh injetados na rede	kWh contabilizados
Consumidor A	800	650	150
Consumidor B	875	900	-25

No que toca ao tipo de contagem, o modelo de *net-metering* precisa de um contador unidirecional, medindo a energia consumida líquida. O seu funcionamento caracteriza-se por girar para a frente, quando a energia é proveniente da rede, ou girar para trás, quando a energia é colocada na rede.

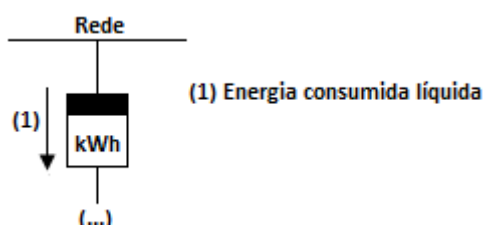


Figura 2.7 - Esquema de montagem segundo o modelo de *net-metering*.

2.4 - Net-billing

Num sistema *net-billing* a medição é feita consoante os kWh consumidos e produzidos pelo consumidor, separando-os pelos diferentes períodos horários. Trata-se, portanto, de uma compensação económica do valor de produção fotovoltaica face ao valor de consumo durante um determinado período de tempo [5].

A título de exemplo suponha-se os seguintes consumidores A e B. Neste modelo, o consumidor A paga o valor de energia durante as horas de ponta e de vazio, 110 kWh e 40 kWh, respetivamente. Enquanto o consumidor B terá de receber da parte da rede um valor relativo aos 75 kWh nas horas de ponta e de pagar outro valor pelos 50 kWh nas horas de vazio.

Tabela 2.2 - Dados de dois consumidores com um sistema *net-billing* [5].

	kWh consumidos da rede			kWh injetados na rede			kWh contabilizados		
	Hora de ponta	Hora de vazio	Total	Hora de ponta	Hora de vazio	Total	Hora de ponta	Hora de vazio	Total
Consumidor A	240	560	800	130	520	650	110	40	150
Consumidor B	500	375	875	575	325	900	-75	50	-25

Quanto ao seu tipo de contagem, o modelo de *net-billing* utiliza um contador bidirecional para contabilização da energia injetada (produzida) líquida e da energia consumida líquida.

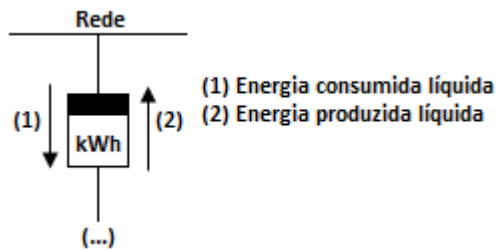


Figura 2.8 - Esquema de montagem segundo o modelo de *net-billing*.

2.5 - Benefícios do Autoconsumo

O modelo de autoconsumo proporciona benefícios significativos que influenciam diretamente na capacidade da UE em cumprir as suas metas de proteção climática e de política energética, aproveitando novas áreas de intervenção, tais como o mercado interno de energia e a inovação.

O autoconsumo permite não só reduzir custos de eletricidade como criar um mercado solar fotovoltaico mais sustentável. De seguida serão abordadas algumas vantagens inerentes a este modelo.

2.5.1 - Conscientização da Conservação de Energia por Parte dos Consumidores

A eficiência energética é um dos desafios mais importantes da política energética da UE. De acordo com um estudo realizado pela Comissão Europeia conclui-se que “uma medição precisa do consumo de energia é um dos métodos mais eficazes que permite aos consumidores racionalizar o uso de energia”. Quanto mais energia economizada, maior será a quantidade de energia que os consumidores poderão deslocar da sua própria geração [6].

Assim, através do apoio ao autoconsumo de forma explícita, a UE pode acelerar a implementação dos objetivos de eficiência energética. Os autoconsumidores podem vir a ser significativamente mais conscientes dos seus padrões de consumo e terão um interesse adicional em conservar energia, a fim de atender às suas necessidades e de vender qualquer excesso de produção à rede [1].

2.5.2 - Aumento do Investimento Privado

De maneira a alcançar os objetivos da UE em matéria de proteção climática, eficiência energética e energias renováveis serão necessários investimentos avultados. Desencadeando o potencial do autoconsumo em toda a Europa irá contribuir de forma significativa para o financiamento da transição energética. Segundo a figura 2.9 mostra que essa tendência já começou. O investimento privado na pequena distribuição de energia renovável foi a segunda mais importante fonte de financiamento de energias renováveis depois do financiamento de ativos dos países do G-20 em 2010. O forte crescimento da pequena capacidade distribuída em 2010 foi, principalmente, impulsionado pelo mercado de energia solar fotovoltaica alemã [1].

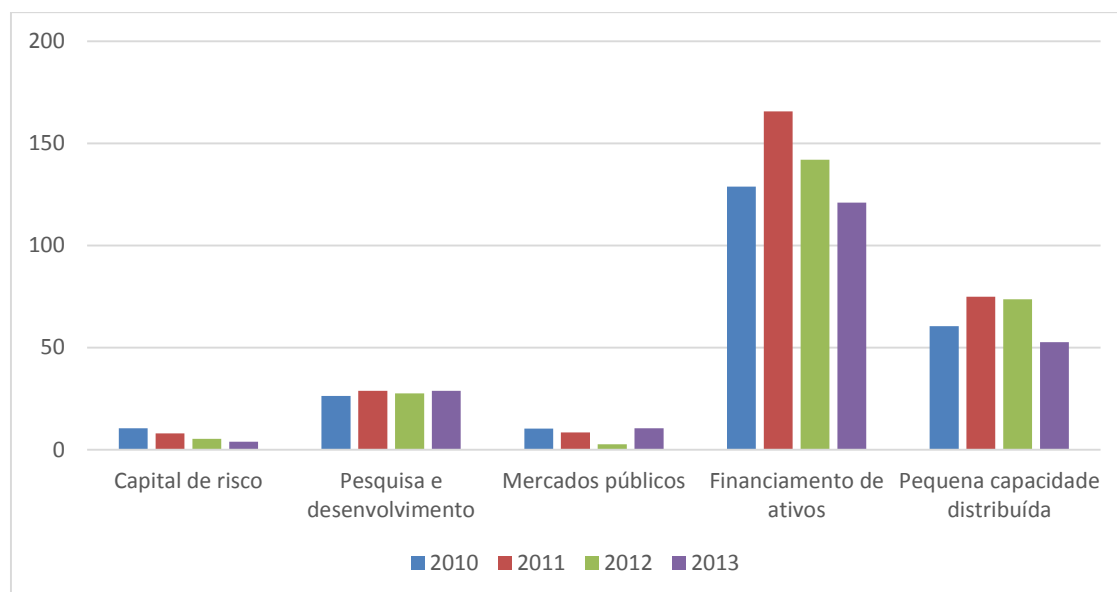


Figura 2.9 - Investimento em todo o mundo conforme os diferentes tipos de financiamento durante o período 2010-13 (em US\$ mil milhões) [1].

Assim, ao permitir que o consumidor possa investir em geração de energia vai abrir e manter uma fonte de financiamento que está menos exposta a riscos e incertezas no mercado financeiro. De facto, quanto mais instáveis forem os fundos de investimentos, mais provável o consumidor final procure formas de diversificar as suas economias e pretenda adicionar outras opções de investimento, como o autoconsumo [1].

2.5.3 - Melhoria na Estabilidade da Rede

A integração de unidades de produção de energia elétrica nas redes de distribuição é um ponto-chave para alcançar os objetivos da UE para 2020. O custo significativo e os longos prazos do projeto estão associados à necessidade de expansão das redes de transmissão, interligação e do reforço das redes de distribuição. Tendo em consideração o crescimento natural das cargas é necessário a realização de investimentos em novos equipamentos e/ou em novas subestações, o que leva a investimentos avultados por parte das concessionárias das Redes Nacionais de Distribuição (RND) [1].

Os resultados preliminares de uma análise conduzida por Consentec e A.T. Kearney indicam que o autoconsumo promove um “jogo” entre a carga e a produção, podendo aumentar significativamente a capacidade das redes existentes e, assim, atenuar esses investimentos. Uma maior proporção de autoconsumo pode trazer benefícios, como a prevenção de perdas na rede e a redução de custos na operação e na manutenção de equipamentos de transmissão [1].

2.5.4 - Desenvolvimento de Soluções Inovadoras para Exportação

A Europa, como um mercado consumidor de aplicações fotovoltaicas, oferece novas oportunidades para as empresas que desenvolvem produtos dessa génese.

Assim, dado o seu forte ecossistema industrial e o grande impulso político para a eficiência energética e energias renováveis, a UE encontra-se bem posicionada para exportar soluções

avanzadas para o mercado global. Os benefícios da utilização destes aplicativos seriam, portanto, não só reverter a favor dos consumidores do sistema de autoconsumo, como beneficiar de um ecossistema industrial mais amplo em torno de aplicações avanzadas de energia [1].

2.5.5 - Participação e Aceitação

O denominado “triângulo da política energética” - um conceito de equilíbrio que tem por base três pilares fundamentais: custo de energia, segurança do abastecimento e impacto ambiental - tem sido um conceito útil, porém apresenta uma lacuna quando se pretende explicar a dificuldade na implementação de projetos ambiciosos. Este conceito é então substituído por um novo paradigma, o do “quadrado da política energética”, como se pode observar na figura 2.10 [1].

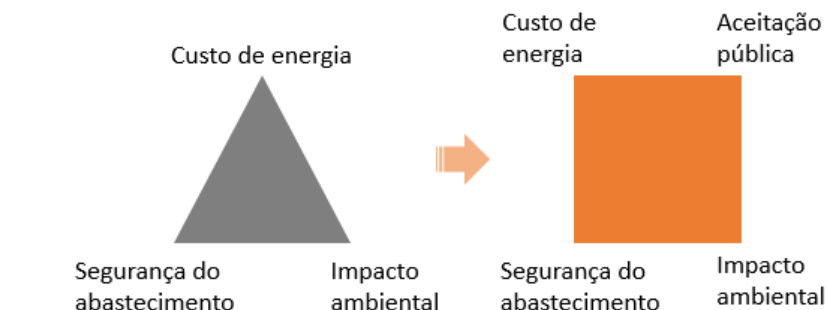


Figura 2.10 - Alteração do triângulo para o quadrado da política energética [1].

A resistência do consumidor relativamente à integração de sistemas desta categoria advém da pouca recetividade da parte do consumidor face a períodos de retorno superiores a 5 anos. Contudo, ao se atingir a paridade com a rede, é expectável que o consumidor assuma um papel mais ativo de maneira a reduzir ou até mesmo anular a compra de energia elétrica à rede. Quanto maior o nível de envolvimento, melhor será o grau de informação, podendo traduzir-se num maior apoio às medidas de política energética.

2.6 - Barreiras ao Autoconsumo

Como já foi referido anteriormente, o autoconsumo irá trazer benefícios significativos para os consumidores. A questão prende-se em saber se os países estão preparados para ultrapassar as várias barreiras legais e/ou económicas que podem obstruir os consumidores de aderirem ao autoconsumo. Os principais resultados da análise legal mostram que:

- As leis existentes, na maioria dos casos, não regem o autoconsumo de forma explícita;
- Há pouca ou nenhuma jurisprudência que daria indicações de como o autoconsumo seria tratado, uma vez que a redução das barreiras económicas leva ao aparecimento de novos modelos de negócio;
- As incertezas jurídicas levantam uma barreira para o desenvolvimento futuro de modelos de negócio, por exemplo, no que diz respeito à questão de o consumo por parte de vizinhos ou inquilinos ser considerado autoconsumo [1].

Adicionalmente, além das barreiras legais abordadas, a modificação dos procedimentos administrativos pode fazer com que o autoconsumo seja complicado ou dispendioso.

A longo prazo, as barreiras económicas diminuirão à medida que o LCOE¹ do fotovoltaico diminua e os preços da eletricidade aumentem. No entanto, existe um risco significativo relacionado com as mudanças da atual estrutura de tarifas e os impostos sobre a eletricidade possam atrasar a competitividade ou fazer com que o autoconsumo se torne desinteressante[1].

2.6.1 - Mercado de Eletricidade Competitivo e Liberalizado

No sistema de autoconsumo uma parte crescente do fluxo de receitas é assegurado pelas economias feitas na fatura de eletricidade. Assim sendo, há a necessidade de um mercado de eletricidade competitivo e liberalizado que estipule preços que reflitam nos custos por forma a tornar o autoconsumo numa alternativa viável. De acordo com análise de mercado realizada pela Agência de Cooperação dos Reguladores da Energia (ACER) refere que, em 2012, a percentagem de consumidores domésticos abastecidos a preços regulados foi superior a 50 % [7].

Se os preços forem fixados a um nível que não reflitam nos custos podem impedir a competitividade e, portanto, representam uma barreira de entrada para o autoconsumo.

Tabela 2.3 - Percentagem de consumidores domésticos com preços regulados na Europa [8].

Data	2011	2012
Bélgica	7,6 %	8,4 %
Bulgária	100 %	100 %
Chipre	100 %	100 %
Dinamarca	85 %	80 %
Estónia	100 %	100 %
França	94 %	93 %
Grécia	98,7 %	99,9 %
Hungria	99,6 %	98,3 %
Itália	83,4 %	80 %
Letónia	97,4 %	97,3 %
Lituânia	100 %	100 %
Malta	100 %	100 %
Irlanda do Norte	97,4 %	89,8 %
Polónia	99,9 %	99,5 %
Portugal	94,5 %	90,2 %
Roménia	100 %	100 %
Eslováquia	100 %	100 %
Espanha	74,4 %	59,4 %

¹ Em inglês denomina-se por *levelized cost of electricity*, ou, então, custo de eletricidade nivelado, em português.

De referir que a variação dos preços da eletricidade na Europa é devida, principalmente, a três elementos:

- Impostos - Financiam medidas de política energética e climática, mas também contêm os custos externos da geração e do consumo de energia.
- Encargos da rede de transmissão e distribuição - Estes fazem parte da fatura de eletricidade e são distribuídos de forma diferente entre os Estados-Membros.
- Componente de energia - Esta é a que mais contribui para o preço da eletricidade. De notar que, em contraste com os preços retalhistas, os preços grossistas da eletricidade diminuíram entre 35 % e 45 % durante o período 2008-2012 nos principais mercados europeus [8].

A combinação de todos esses elementos levam a uma situação em que os preços da eletricidade a nível retalhista variem significativamente entre os Estados-Membros.

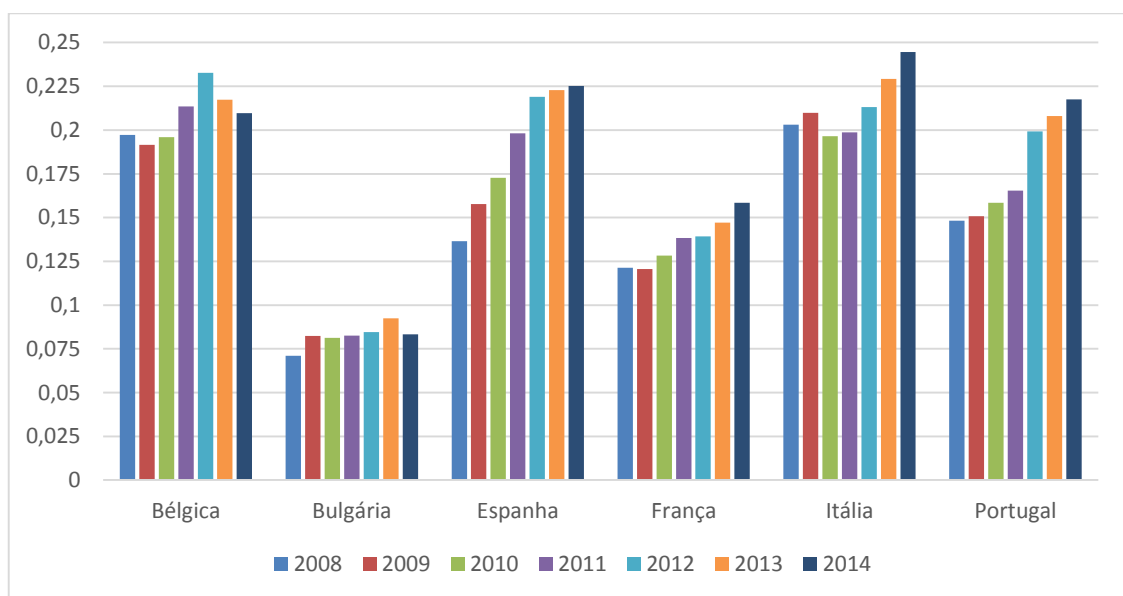


Figura 2.11 - Evolução dos preços de eletricidade, em €/kWh, para os consumidores domésticos em 2008-2014 [9].

Além destes elementos na fatura da energia elétrica para o consumidor final, existem outros elementos que impedem a implantação do autoconsumo em vários países, como, por exemplo, a elevada concentração de mercados retalhistas de eletricidade.

2.6.2 - Falta de Conhecimento sobre a Vantagem de Mudar para Alternativas Existentes

Garantir que os consumidores optem pelo sistema fotovoltaico requer um esforço adicional, a fim de compreender os fatores decisivos por detrás das escolhas dos consumidores relativamente aos seus fornecedores de eletricidade. Contudo, os consumidores não mudaram maciçamente de fornecedor, quando já existem ofertas mais competitivas no mercado [8].

Conforme os dados da ACER/CEER verificou-se que o maior aumento na taxa de transferência para consumidores domésticos ocorreu em Portugal, considerando os Estados-Membros da UE e a Noruega (ver figura 2.12). Este aumento em Portugal deveu-se à introdução de mudanças nas tarifas transitórias reguladas. O período de transição está definido até ao final de 2015. Após o fim das tarifas haverá um período máximo de 3 anos, onde serão aplicadas

tarifas transitórias que serão superiores ao preço de mercado com o intuito de garantir uma mudança progressiva dos consumidores domésticos para o mercado livre [7].

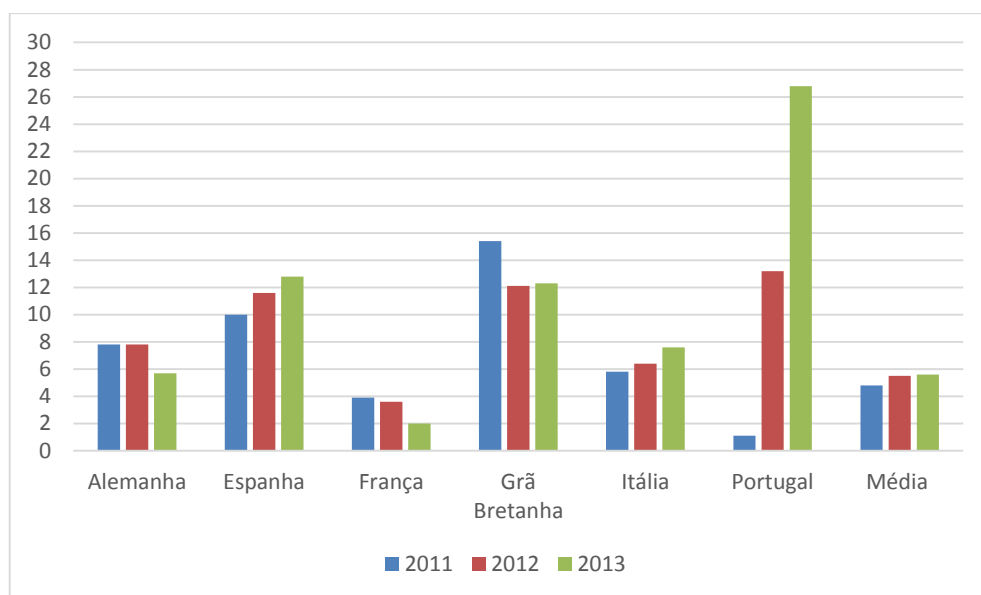


Figura 2.12 - Taxa de transferência para consumidores domésticos na Europa [7].

Embora a mudança para outro fornecedor não seja um pré-requisito para integrar o autoconsumo, uma melhor compreensão do comportamento do consumidor será importante para posicionar uma “oferta fotovoltaica” no portfólio de soluções existentes.

2.6.3 - Desenvolvimento de Contadores Inteligentes, Sistemas de Armazenamento e Investimento

A Comissão Europeia recomendou que os contadores inteligentes sejam equipados com um conjunto de funcionalidades mínimas, tais como: a medição de injeções de potência ativa e reativa, a comunicação entre o contador inteligente e a rede, leituras frequentes, manutenção remota e controlo do contador pelo operador da rede, o fornecimento de atualizações frequentes das leituras ao consumidor, armazenamento e recuperação de dados para o consumidor, e a possibilidade de transferência automática de informações sobre as opções de tarifas avançadas para o consumidor [8].

Em março de 2009², apenas 10 % das casas da UE teve “algum tipo de contador inteligente instalado” [10]. A diretiva 2009/72/CE, que estabelece regras comuns para o mercado interno de eletricidade, obriga os Estados-Membros a equipar com contadores inteligentes pelo menos 80 % das casas até 2020, onde a sua avaliação é positiva numa análise de custo-benefício [11].

Outro facilitador para o desenvolvimento do autoconsumo é o armazenamento. Atualmente, a penetração dos dispositivos de armazenamento no mercado ainda é muito baixa. Tais dispositivos são muito dispendiosos e as políticas destinadas para promover a sua entrada no mercado ainda não existem na Europa [8].

² Data em que a recomendação da Comissão Europeia foi emitida.

Como os consumidores se tornam numa nova fonte de investimento para o desenvolvimento do fotovoltaico, novas estruturas e facilidades de financiamento para o consumidor começam a ser consideradas e desenvolvidas [8].

2.6.4 - Integração na Rede e Sistema de Otimização

Segundo o relatório *Connecting the Sun* elaborado pela EPIA, novas medidas de integração da rede terão de ser implementadas, visto que existe a possibilidade do excesso de eletricidade não consumida ser injetada no sistema elétrico [12].

Uma questão importante será a forma de garantir uma utilização ótima do autoconsumo, de modo a alcançar um ótimo a nível doméstico, da distribuição e do sistema. Uma vez que o perfil de carga padrão dos consumidores não se encaixa com a geração do sistema fotovoltaico, torna-se necessário tomar medidas técnicas complementares para garantir um melhor equilíbrio entre estes dois fatores. Como referenciado no ponto anterior, o armazenamento pode desempenhar um papel importante [8].

2.6.5 - Investimento na Distribuição

A IEA estimou que o investimento acumulado nas redes de distribuição na Europa entre 2012 e 2035 ascende a 778 mil milhões de dólares. Na maioria dos casos, estes investimentos terão que ser feitos pelos operadores do sistema de distribuição. Estes investimentos são acionados por uma série de evoluções, tais como: a implantação de contadores inteligentes, a atualização ou construção de novas linhas ou componentes da rede (transformadores) ou a integração da geração distribuída. A evolução do papel dos operadores do sistema de distribuição, nomeadamente para integrar corretamente a geração distribuída, vai exigir mais recursos, bem como um aumento da capacidade do plano de investimentos [8].

O nível de tarifário e estrutura existente na grande maioria dos países da UE é decidido pelos reguladores nacionais, de modo alocar os custos da rede para o diferente comportamento dos consumidores. As tarifas com um elevado prazo fixo, baseadas na potência, refletem melhor os custos da rede, mas desencorajam o comportamento de eficiência energética do consumidor. Por outro lado, as tarifas com um elevado prazo variável, baseadas no consumo, colocam em causa as receitas dos operadores do sistema de distribuição quando o consumo é reduzido [8].

Qualquer acordo favorece alguns consumidores e prejudica outros, em termos de contribuição económica para os custos da rede. Contudo, o autoconsumo não pode ser responsabilizado por uma redistribuição dos custos da rede, por si só, uma vez que o autoconsumo apresenta ganhos na eficiência energética [8].

2.6.6 - Regulamentação e Mercado de Eletricidade

O quadro regulatório nacional desempenhará um papel imprescindível no que toca ao favorecimento ou limitação do desenvolvimento do autoconsumo. Um pré-requisito básico passa por garantir que em toda a Europa os consumidores possam consumir a própria eletricidade produzida.

A um nível mais macroeconómico, os mercados de retalho e os grossistas vão precisar de encontrar um ponto de equilíbrio. Grandes quantidades de eletricidade fotovoltaica autoconsumida e com um elevado nível de penetração poderia modificar o perfil de carga e, assim, aumentar a competitividade no mercado. Ao mesmo tempo, existe uma necessidade de garantir no mercado grossista que os benefícios gerados por fontes de energia renováveis sejam devidamente transmitidos aos consumidores finais. Finalmente, e se a remuneração da geração fotovoltaica dependa menos dos preços grossistas, a questão permanece sobre como valorizar o excesso de eletricidade que precisa de ser injetada na rede [8].

2.7 - Políticas na Europa

Sabendo que as aplicações fotovoltaicas são maioritariamente dependentes de programas de incentivo, o direito do consumidor torna-se num problema relevante. Na figura 2.13 pretende-se mostrar que a competitividade do fotovoltaico já atingiu alguns países que marcam mais o setor fotovoltaico na Europa.

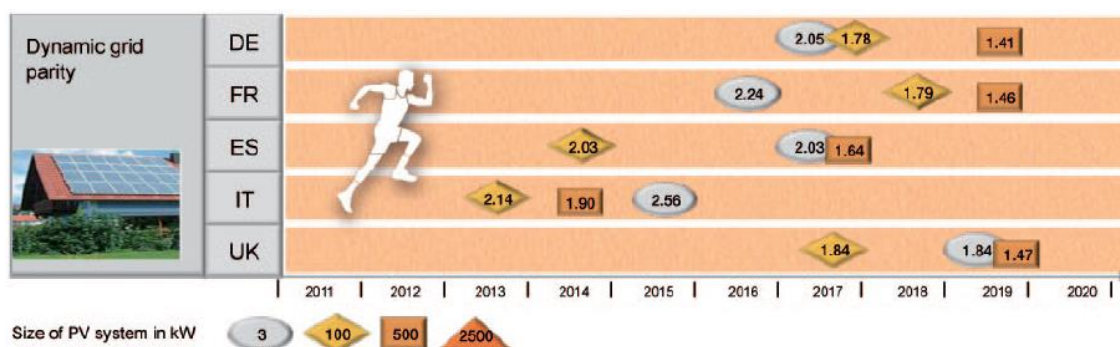


Figura 2.13 - Paridade da rede a nível europeu [1].

De acordo com a definição de *dynamic grid parity* (paridade da rede, em português) estima-se que o fotovoltaico será uma escolha competitiva para os consumidores finais que comparam o custo de produção fotovoltaica com o custo da eletricidade convencional. Primeiramente, a paridade da rede é alcançada em Itália para o setor comercial, em 2013. Posteriormente, esta chega a atingir alguns consumidores em França e Espanha, em 2014, será difundido por 2016/2017 e completa em 2019. Entre 2014 e 2020 mais de 129 milhões de casas podem alcançar a paridade da rede em 5 países diferentes [1].

As políticas para implementação do autoconsumo têm vindo a ser promovidas na Europa, como noutros continentes. Todavia, estas políticas podem ser diferentes conforme o país em questão.

Os sistemas de apoio direto baseiam-se na redução de despesas de capital no início do projeto, como é o caso de subsídios e redução de impostos, ou na compra direta de eletricidade, como as tarifas *feed-in* (FiT), as tarifas *feed-in-premium* (FiP) e os certificados verdes (CV). Alguns países já reajustaram os seus regimes, implementando novos modelos, como o *net-metering*, *net-billing* e o autoconsumo, demonstrando que, para utilizadores com sistemas fotovoltaicos de menores dimensão, tornou-se numa mais-valia.

Na Alemanha, o incentivo ao autoconsumo teve início em 2011 com as tarifas FiP para a energia autoconsumida. A remuneração era maior se a taxa de autoconsumo fosse superior a 30 %, incentivando os consumidores/produtores a aumentar essa mesma taxa. Contudo, devido

ao preço de retalho da eletricidade ser superior ao custo de geração de um sistema fotovoltaico, o autoconsumo tornou-se mais aliciante do que o sistema de tarifas FiT. Além disso, em 2012, foi formalizada a revisão da lei de Energia Renovável da Alemanha (EEG) que introduziu um fator restritivo relativo à injeção na RESP, favorecendo, desta forma, o consumo instantâneo [13, 14].

Na Itália foi introduzido em agosto de 2012, através do *V Conto Energia*, um esquema de autoconsumo *premium* bastante semelhante ao concebido na Alemanha em 2011. O esquema *Scambio Sul*, que é uma alternativa ao *V Conto Energia*, consiste em remunerar monetariamente a quantidade de energia injetada na rede e a autoconsumida. Esta tentativa consiste em favorecer o autoconsumo instantâneo com uma mistura de esquemas de *net-metering* (especialmente para custos de rede) e de autoconsumo (para custos de eletricidade) [13, 14].

Na Espanha, o autoconsumo foi regulado em 2011 através do Real Decreto 1699/2011. Este decreto é aplicável a consumidores que tenham uma potência contratada inferior a 100 kW e que utilizem uma tecnologia de produção de eletricidade baseada em energias renováveis. A produção excedente pode ser injetada na RESP, mas não é remunerada. Este excedente é descontado à energia consumida líquida quando o consumo é superior à autoprodução [13, 14].

A tabela 2.4 apresenta os vários esquemas regulados em alguns países europeus.

Tabela 2.4 - Resumo das medidas de apoio para aplicações fotovoltaicas em alguns países europeus [15].

Países	FiT	FiP	CV	IF	Net-Metering	Net-Billing	Autoconsumo
Alemanha	X	X	X				X
Bélgica			X	X	X		X
Bulgária	X						
França	X						
Itália				X		X	
Holanda				X	X		
Portugal	X			X			X
Espanha							X
Reino Unido	X		X	X			X

2.8 - Conclusões

O autoconsumo consiste na produção de energia elétrica para consumo próprio normalmente a partir de um sistema fotovoltaico. Existem vários tipos de sistemas de autoconsumo, tais como: sistemas de autoconsumo isolados, sistemas de autoconsumo ligados à RESP, sistemas *net-metering* e sistemas *net-billing*.

O modelo de autoconsumo proporciona vários benefícios significativos. A eficiência energética é um deles, visto que uma consciencialização dos consumos de energia por parte dos consumidores leva a uma racionalização do seu uso. Além disso, este modelo contribui para a redução de perdas na rede e para a redução dos custos de operação.

Existem, contudo, algumas barreiras ao autoconsumo, nomeadamente a falta de conhecimento dos consumidores sobre as suas vantagens. A dificuldade dos países em lidarem

com algumas barreiras legais e/ou económicas também pode contribuir para a não adesão ao modelo de autoconsumo.

Capítulo 3

Legislação Nacional

O Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de outubro, determina o regime jurídico para a produção de eletricidade destinada ao autoconsumo na instalação de utilização, com ou sem ligação à RESP, denominadas por “Unidades de Produção para Autoconsumo” (UPAC). Estas podem ser baseadas em tecnologias de produção renováveis ou não renováveis.

O referido Decreto-Lei também determina o regime jurídico para a produção de eletricidade por intermédio de “Unidades de Pequena Produção” (UPP), recorrendo a recursos renováveis, e que consiste em vender, na sua totalidade, a eletricidade produzida. No entanto, tendo em consideração o tema da dissertação, as UPP não serão alvo de uma abordagem mais detalhada.

Denomina-se por “Unidade de Produção” (UP) quando a UPAC e a UPP são referidas em conjunto.

3.1 - Entidades Instaladoras da UP

O processo de instalação da UP é obrigatoriamente executada por entidade instaladora de instalações elétricas de serviço particular ou técnicos responsáveis pela execução de instalações elétricas. A entidade reguladora deve assegurar que os equipamentos estão certificados e que a UP se encontra devidamente registada nos termos do referido diploma [16].

3.2 - Direção-Geral de Energia e Geologia

A Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) é a entidade da Administração Pública Portuguesa responsável pela avaliação, coordenação e acompanhamento das políticas de cariz energético, nomeadamente a atividade de produção de eletricidade [16].

3.3 - Sistema Eletrónico de Registo da UPAC

O Sistema Eletrónico de Registo da UPAC (SERUP) trata-se de uma plataforma eletrónica, acessível através do Portal do Cidadão e do Portal da Empresa, através da qual são apresentados e processados os pedidos de registo e certificado de exploração [16].

3.4 - Comunicação Prévia

Os titulares das UPAC com potência instalada superior a 200 W e igual ou inferior a 1,5 kW, sem ligação à RESP, necessitam apenas de apresentar uma mera comunicação prévia de exploração, através do SERUP. O procedimento de comunicação prévia de exploração é aprovado por portaria do membro do Governo responsável pela área da energia [16].

3.5 - Registo e Certificado de Exploração

No caso da instalação de utilização se encontrar ligada à RESP, o titular da UPAC deve proceder à verificação das condições técnicas de ligação, com o intuito de verificar a possibilidade de existir eventuais excedentes de eletricidade. Desta forma permite salvaguardar os limites e condições técnicas estipulados no Regulamento da Qualidade de Serviço e no Regulamento Técnico e de Qualidade [16].

O registo das UP inicia-se com o pedido no SERUP e conclui-se com a sua aceitação, sendo aprovado por portaria do membro do Governo responsável pela área da energia. O registo da UP torna-se definitivo com a emissão do certificado de exploração [16].

Após a instalação da UP e verificação da sua conformidade (processo de inspeção ou reinspeção) é emitido o certificado de exploração ao titular do registo.

3.6 - Procedimentos de Inspeção e de Reinspeção

Após o registo ter sido aceite, o titular do mesmo efetua a instalação da UP e solicita a inspeção da mesma no prazo máximo de oito ou doze meses contados desde a data de aceitação do registo para instalações de categoria BB (instalações de utilização alimentadas em BTN ou BTE) ou restantes instalações, respetivamente [16].

No caso do relatório de inspeção concluir a inexistência de defeitos ou não conformidades, é emitido o certificado de exploração definitivo e autorizada a ligação da UP à instalação elétrica de utilização. No caso de se detetar deficiências ou descontinuidades assinaladas no ato da inspeção, pondo em causa a segurança de pessoas ou bens aquando da entrada em funcionamento da instalação, não é emitido o certificado de exploração definitivo, enquanto os problemas não estiverem resolvidos. Desta forma, o produtor deve proceder à sua correção e, posteriormente, solicitar a reinspeção da UP [16].

3.7 - Contagem

A contagem da eletricidade produzida é obrigatória para as UPAC com potências superiores a 1,5 kW cuja instalação de consumo se encontre ligada à RESP. Se esta não estiver ligada à RESP, a contagem da eletricidade produzida não será necessária [16].

Os equipamentos de contagem permitem a:

- Contabilização da eletricidade produzida para efeitos das metas de renováveis 2020;

- Possibilidade dos produtores beneficiarem de Garantias de Origem (GO);
- Acompanhar a produção efetuada ao abrigo do novo enquadramento, possibilitando melhorias futuras na legislação [17].

3.8 - Garantias de Origem

As Garantias de Origem (GO) reservam-se a expor, ao cliente final, a quota de energia derivada de fontes renováveis. Caso a produção de eletricidade seja proveniente de fontes de energia renováveis, os produtores devem solicitar à Entidade Emissora de Garantias de Origem (EEGO) a emissão de GO relativas à energia por si produzida [18, 19].

3.9 - Contrato de Venda de Eletricidade ao CUR

O produtor pode oficializar um contrato de venda da eletricidade com o Comercializador de Último Recurso (CUR), sempre que a energia derivada de uma UPAC, que se encontra ligada à RESP, tenha origem em energia renovável e uma capacidade instalada inferior ou igual a 1 MW. O contrato de compra e venda deve prever, principalmente, as seguintes condições:

- O prazo máximo de 10 anos, renováveis por períodos de 5 anos;
- A remuneração da energia adquirida pelo CUR;
- O pagamento pelo produtor da compensação devida;
- A periodicidade da faturação pelo CUR [16].

No entanto, o CUR pode opor-se à renovação do prazo inicial quando, por razões relacionadas com a sustentabilidade do Sistema Elétrico Nacional (SEN) ou política energética, a DGEG assim o determine.

3.10 - Remuneração da Energia Proveniente das UPAC

A remuneração das UPAC é calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$R_{UPAC,m} = E_{fornecida,m} \times OMIE_m \times 0,9 , \quad (3.1)$$

em que $R_{UPAC,m}$ consiste na remuneração da eletricidade injetada na RESP no mês m , em €; $E_{fornecida,m}$ equivale à energia fornecida no mês m , em kWh; $OMIE_m$ é a 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; e m corresponde ao mês a que se refere a contagem da eletricidade fornecida à RESP [16].

Tabela 3.1 - Preço médio aritmético de Portugal, em €/MWh, nos últimos 5 anos [20].

	Preço	Preço	Preço	Preço	Preço
Mês	2010	2011	2012	2013	2014
	[€/MWh]	[€/MWh]	[€/MWh]	[€/MWh]	[€/MWh]
Janeiro	27,71	41,26	51,95	48,53	31,47
Fevereiro	27,80	47,91	55,26	43,74	15,39
Março	20,10	47,32	49,13	22,82	26,20
Abril	26,16	46,85	43,98	16,08	26,36
Maio	37,14	49,02	44,52	43,25	42,47
Junho	40,80	50,64	53,53	41,70	51,19
Julho	43,98	51,15	50,35	51,40	48,27
Agosto	44,45	53,60	49,34	48,12	49,91
Setembro	48,40	58,56	48,49	50,68	58,91
Outubro	44,19	59,22	46,11	51,58	55,39
Novembro	41,50	49,10	42,39	42,10	46,96
Dezembro	44,98	50,66	42,18	62,99	47,69

De acordo com os dados fornecidos pela Entidade Reguladora dos Serviços Energético (ERSE), prevê-se para 2015 que a soma do custo médio unitário de aquisição do CUR seja de 53,49 €/MWh [21]. Contudo, na tabela 3.1 verifica-se uma variação dos preços no decorrer de cada ano. Deste modo, é incerto avançar com o valor exato para a variável $OMIE_m$, na equação (3.1). A título exemplificativo, caso essa variável assumisse o valor referido, era deduzido 10 % a esse valor, passando para 50,22 €/MWh, de modo a compensar os custos de injeção.

3.11 - Grande Produção

Na figura 3.1 apresentam-se os custos de interesse económico geral (CIEG) associados à produção em regime especial (PRE), aos contratos de aquisição de energia (CAE), aos custos de manutenção do equilíbrio contratual (CMEC) e ao incentivo à garantia de potência por unidade prevista produzir em 2015 pelas respetivas instalações beneficiárias destes custos [21].

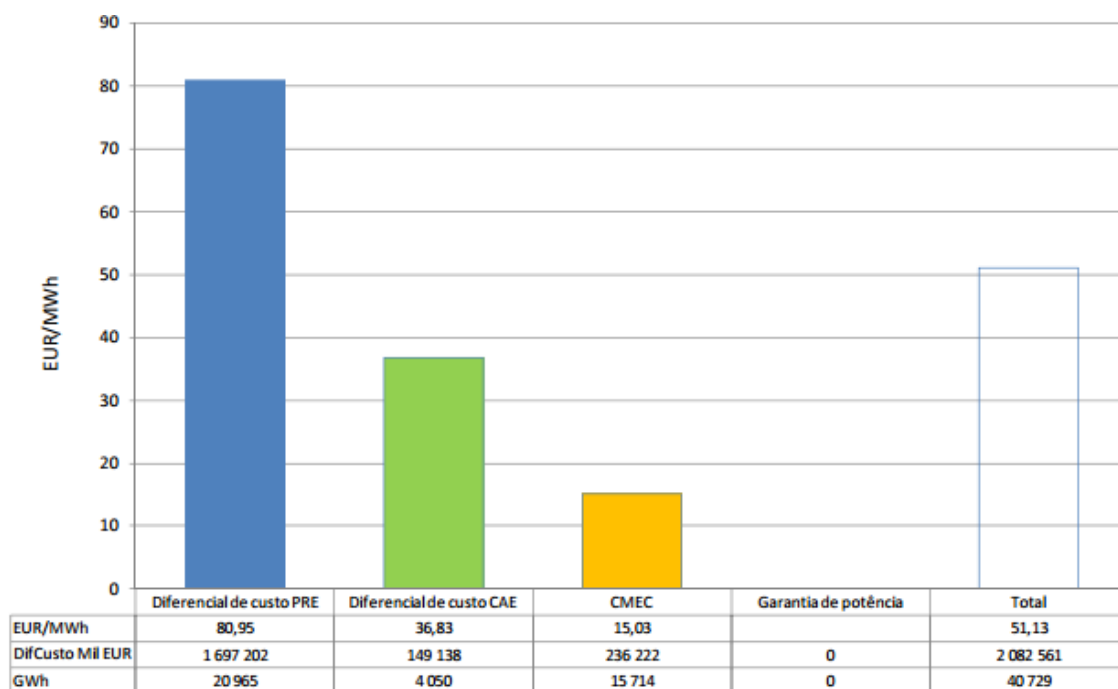


Figura 3.1 - Custos de CIEG associados à produção de energia elétrica por unidade produzida [21].

Relativamente à PRE, os valores apresentados correspondem ao total do custo a repercutir nas tarifas de 2015, principalmente, o resultante da aquisição da produção previsível para 2015 e dos ajustamentos relativos aos 2 anos transatos [21].

O cálculo do custo CAE baseia-se nas previsões de produção para 2015 e respetivos custos associados às centrais da Tejo Energia e da Turbogás, bem como os ajustamentos de custos relativos aos 2 anos transatos [21].

Quanto ao custo dos CMEC, este integra todos os custos associados a este mecanismo que são incorporados nas tarifas de 2015 [21].

O custo do incentivo à garantia de potência por unidade de energia injetada no SEN pelas centrais abrangidas pelas disposições da Portaria n.º 251/2012, de 20 de agosto. De acordo com a DGEG, até ao momento não houve qualquer centro electroprodutor que foi objeto de reconhecimento de elegibilidade, por conseguinte no cálculo tarifário para 2015 não se considerou qualquer montante [21].

A figura 3.1 apresenta o valor médio do diferencial de custo unitário do conjunto das instalações abrangidas pelos CIEG que atinge os 51,13 €/MWh.

Para o consumidor regulado prevê-se que em 2015 o custo corresponda a 104,62 €/MWh, isto é, à soma do custo médio unitário de aquisição do CUR, no valor de 53,49 €/MWh, adiciona-se o custo unitário associado à produção com CIEG, no valor de 51,13 €/MWh [21].

Em suma, verifica-se que o valor pago pelo excedente da autoprodução corresponde a menos 48 % do valor médio pago à grande produção.

3.12 - Compensação Devida pelas UPAC

Após a obtenção do certificado de exploração, as UPAC que se encontram ligadas à RESP e com uma capacidade instalada superior a 1,5 kW, estão sujeitas ao pagamento mensal de uma compensação fixa, durante os primeiros 10 anos. Essa compensação permite reaver uma parte dos custos decorrentes de medidas de política energética, de sustentabilidade ou de interesse

económico geral (CIEG), relativa ao regime de produção de energia elétrica em autoconsumo e é determinada conforme a seguinte expressão:

$$C_{UPAC,m} = P_{UPAC} \times V_{CIEG,t} \times K_t, \quad (3.2)$$

sendo $C_{UPAC,m}$ a compensação paga no mês m por cada kW de potência instalada; P_{UPAC} equivale ao valor da potência instalada da UPAC; $V_{CIEG,t}$ corresponde ao valor que permite recuperar os CIEG da respetiva UPAC, medido em €/kW, apurado no ano t ; K_t representa o 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 SEN, no ano t ; t é o ano de emissão do certificado de exploração da respetiva UPAC [16].

A tabela 3.2 apresenta os valores associados à variável $V_{CIEG,t}$ da equação (3.2), em € por kW, apurado para 2015, nos termos do Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de outubro.

Tabela 3.2 - Valores associados à variável $V_{CIEG, 2015}$ em relação ao tipo de fornecimento [21].

Nível de tensão / Tipo de fornecimento	$V_{CIEG,2015}$ (€/kW)/mês
AT	2,617
MT	3,062
BTE	3,819
BTN > 20,7 kVA	3,308
BTN ≤ 20,7 kVA	5,780

O coeficiente de ponderação K_t assume diferentes valores. No caso do total acumulado de potência instalada das UPAC exceder 3 %, ou se situar entre os 1 % e 3 %, ou se for inferior a 1 % do total da potência instalada³ do centro electroprodutor do SEN, obtém-se o valor $K_t = 50$ %, $K_t = 30$ % ou $K_t = 0$ %, respetivamente [16].

3.13 - Fiscalização

As UP são sujeitas a fiscalização para verificar se se encontram em conformidade com o referido diploma e o Regulamento Técnico e de Qualidade [16].

3.14 - Inspeção Periódica

As UP com potência instalada superior a 1,5 kW encontram-se sujeitas a inspeções periódicas de 10 anos, quando a potência da UP é inferior a 1 MW, ou de 6 anos, nos restantes casos [16].

³ Em 2011 a potência total instalada no SEN foi de 19 GW.

3.15 - Taxas

Os pedidos, como o de registo, de reinspeção ou de averbamento de alterações ao registo da UP, e a realização de inspeções periódicas, carecem do pagamento de taxas, cujo montante é definido em portaria do membro do Governo responsável pela área da energia [16].

3.16 - Registo das UPAC Ligadas à Rede Pública

Aquando do registo da UPAC ligada à rede pública com potência superior a 1,5 kW, os titulares da mesma passam pelos seguintes processos:

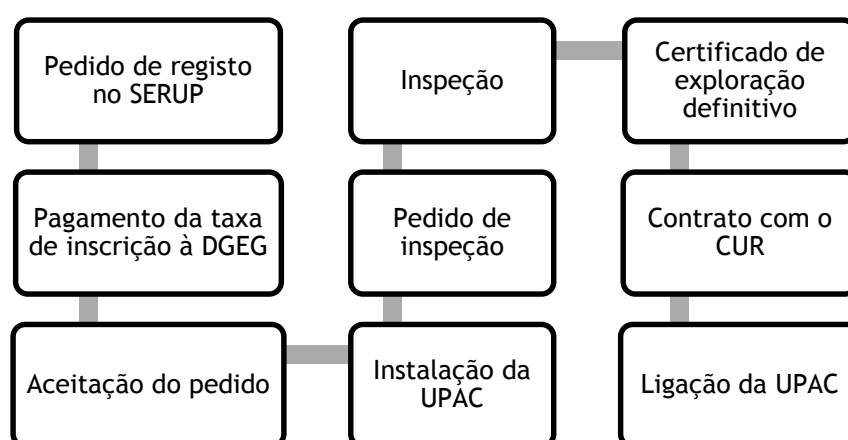


Figura 3.2 - Processo de licenciamento para UPAC com potência superior a 1,5 kW.

Os consumidores que pretendam instalar uma UPAC ligada à RESP com uma potência superior a 200 W e inferior a 1,5 kW têm de passar pelos mesmos processos, excetuando o pagamento da taxa de inscrição à DGEG, o pedido e respetiva inspeção.

A tabela 3.3 apresenta os principais requisitos exigidos aos titulares das UPAC em relação às respetivas capacidades.

Tabela 3.3 - Análise sumária dos principais requisitos exigidos às UPAC conforme a dimensão das mesmas [17].

	Com ligação à RESP				Sem ligação à RESP
	≤ 200 W	200 a 1500 W	1,5 kW a 1 MW	> 1 MW	Isolado
Comunicação prévia	-	-	-	-	Sim
Registo prévio	-	Sim	Sim	-	-
Certificado de exploração	-	Sim	Sim	-	-
Licença de produção	-	-	-	Sim	-
Licença de exploração	-	-	-	Sim	-
Taxas	-	Isento	Sim	Sim	Isento
Contagem	-	-	Telecontagem	Telecontagem	-
Remuneração	-	Sim	Sim	Sim	-
Compensação	Isento	Isento	Sim	Sim	-
Seguro	-	-	Sim	Sim	-

3.17 - Conclusões

Com o atual Decreto-Lei n.º 153/2014, os edifícios comerciais e industriais são os que mais beneficiarão desta regulamentação por apresentarem consumos nas horas de produção de energia fotovoltaica (diurnos), ao longo do ano. Por outro lado, o setor residencial terá um potencial reduzido, visto que os picos de consumo elétrico das famílias são de manhã e à noite, enquanto a produção de energia solar se faz durante o dia.

De salientar alguns pontos negativos presentes no atual Decreto-Lei, tais como os valores pagos pela energia exportada para a rede elétrica acrescidos de uma penalização de 10 %, em virtude dos custos com a injeção na rede e, para as UPAC com potência superior a 1,5 kW ligadas à rede, o pagamento de uma compensação, de forma a recuperar parte dos CIEG na tarifa de uso global do sistema, caso as UPAC excedam 1 % do total da potência instalada no SEN (190 MW, tendo em conta a potência total instalada em 2011). Contudo, há que referir alguns pontos positivos como a inexistência de um limite na potência instalada das UPAC e a facilidade do processo de atribuição e registo.

A legislação poderá ter fortes impactos na dinamização do setor fotovoltaico, uma vez que o autoconsumo não estará dependente de tarifas reguladas, contribuindo para uma maior estabilidade no setor. Além disso, este setor poderá passar a ser visto como uma solução economicamente viável e como uma ferramenta de eficiência energética.

Capítulo 4

Características do Consumidor e Metodologia

Neste capítulo foi apresentado as características do consumidor, nomeadamente o seu consumo elétrico no decorrer de 2014, e o processo de filtragem inicializado por forma a colmatar os erros de leitura de consumo que foram cometidos.

Posteriormente, foi abordado o *software* PVGIS que possibilita a obtenção de valores de radiação solar diários típicos para cada mês e, por conseguinte, permite o cálculo das grandezas de energia consideradas.

Por último, apresentou-se os diferentes tipos de custos estabelecidos bem como o valor do OMIE (imprescindível na remuneração a ser paga pela comercializadora) estipulado para o período de vida do projeto e a metodologia considerada para o estudo económico efetuado no capítulo 5.

4.1 - Dados de Consumo

Os dados de consumo elétrico utilizados foram disponibilizados pelas empresas PH Energia e ISA, e resultam de uma campanha de medição de consumos elétricos domésticos iniciada em 2012 e terminou em 2014. Estes dados correspondem a 65 consumidores e a informação disponível relativa a cada um deles é a seguinte:

- Potência contratada;
- Leituras da energia consumida a cada 15 minutos;
- Data em que as leituras foram registadas.

Todos os consumidores estão incluídos na categoria de Baixa Tensão Normal (BTN) e possuem diferentes potências contratadas. Dos 65 consumidores foi considerado apenas um consumidor com uma potência contratada de 3,45 kVA, de modo a verificar se é ou não viável a instalação de uma UPAC.

No entanto, o conjunto de dados utilizado contém erros de leitura. Assim, torna-se necessário que se proceda ao tratamento de toda esta informação, de maneira a obter um conjunto de dados fiável.

4.1.1 - Filtragem de Dados

Por vezes os dados reais obtidos e armazenados automaticamente são afetados pela ocorrência de falhas. A filtragem de dados torna-se, assim, imprescindível para evitar que as fases posteriores do processo de caracterização de diagramas de cargas sejam afetadas. Este procedimento foi implementado nas folhas de cálculo do Microsoft Excel e baseou-se em detetar os valores anómalos existentes nas leituras efetuadas. Este processo consiste na procura de vários valores de consumo incompatíveis com a respetiva potência contratada (existência de consumos superiores ao que seria possível) e de valores de consumo iguais a zero. A figura 4.1 apresenta os consumos ao longo de 2014 do consumidor em estudo sem o processo de filtragem.

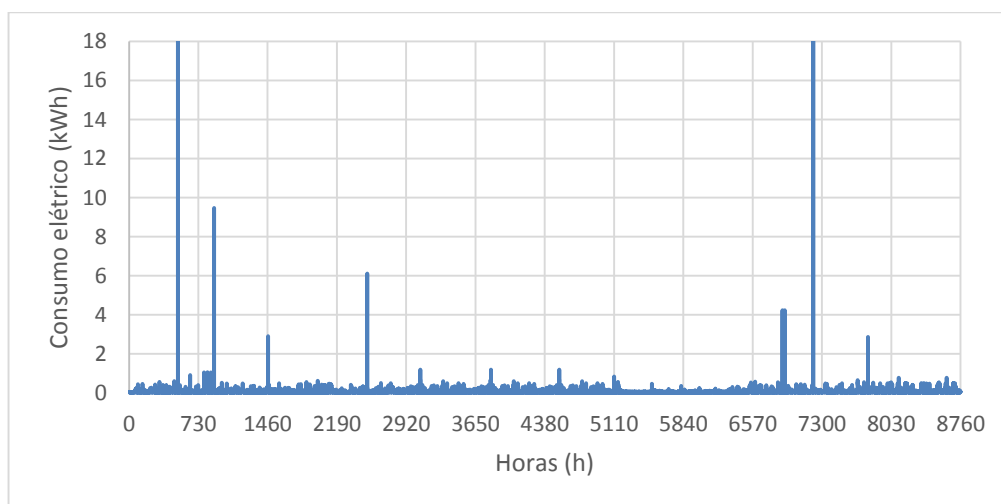


Figura 4.1 - Leituras dos consumos efetuadas ao longo de 2014.

Como se observa, existem, pelo menos, sete picos que não correspondem à realidade. Após a deteção de tais valores, estes são substituídos por outros que são obtidos através da média aritmética entre os consumos que antecedem e procedem os valores anómalos. Deste modo obtém-se um consumo anual elétrico sem qualquer tipo de anomalia e que se encontra representado na figura 4.2.

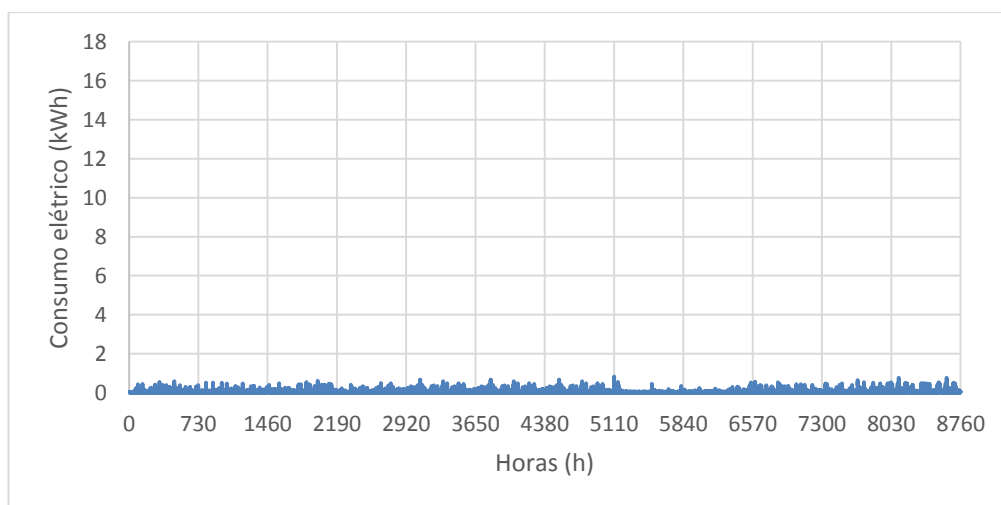


Figura 4.2 - Consumos após a substituição dos valores anómalos.

4.2 - Dados de Radiância Solar Diária

Os dados de radiância solar diária foram obtidos pelo *software* PVGIS. Conforme a inclinação e a orientação do painel fotovoltaico, o PVGIS indica os valores de radiância médios, com uma cadência de 15 minutos, para um dia típico do mês selecionado. De referir que apenas foi considerada a empresa FF Solar como entidade fornecedora de equipamentos de autoconsumo para Portugal. Segundo as instruções dadas pela própria empresa, a inclinação será de 30°, e a orientação será para sul, o que corresponde a colocar 0° no espaço indicado do PVGIS.

The screenshot shows the 'Daily radiation' tab of the PVGIS web application. The interface includes the following elements:

- Navigation tabs:** PV Estimation, Monthly radiation, **Daily radiation** (selected), Stand-alone PV.
- Title:** Average Daily Solar Irradiance
- Radiation database:** Climate-SAF PVGIS (dropdown menu)
- Select month:** January (dropdown menu)
- Irradiance on a fixed plane:**
 - Inclination [0;90]:** 30 deg. (horizontal=0)
 - Orientation [-180;180]:** 0 deg. (east=-90, south=0)
 - ☒ Average global irradiance
 - ☒ Clear-sky global irradiance
 - ☒ Direct normal irradiance
- Irradiance on a 2-axis tracking plane:**
 - ☒ Average global irradiance, 2-axis tracking
 - ☒ Clear-sky global irradiance, 2-axis tracking
 - ☐ Daytime temperatures
- Horizon file:** Escolher ficheiro (button) Nenhum ficheiro selecionado (text)
- Output options:**
 - ☐ Show graphs
 - ☐ Show horizon
 - ☒ Web page
 - ☐ Text file
 - ☐ PDF
- Buttons:** Calculate (blue button), [help] (blue link)

Figura 4.3 - Obtenção do valor médio da radiância solar diária para cada mês [22].

Posteriormente localizou-se a habitação em causa no mapa, obtendo-se as seguintes curvas de radiância solar diária típicas para cada mês. Estas estão representadas na figura 4.4.

Os meses de dezembro, janeiro e novembro apresentam valores de radiância solar mais baixos. Estes valores são atingidos mais tarde (a partir das 7h45min) e deixam de existir mais cedo (a partir das 16h30min) comparativamente com os outros meses.

Os meses junho, julho e agosto apresentam valores de radiância solar mais elevados. Estes valores são atingidos mais cedo (a partir das 5h00min) e deixam de existir mais tarde (a partir das 19h30min).

Os valores máximos de radiância solar verificam-se entre as 11h45min e as 12h30min em qualquer mês.

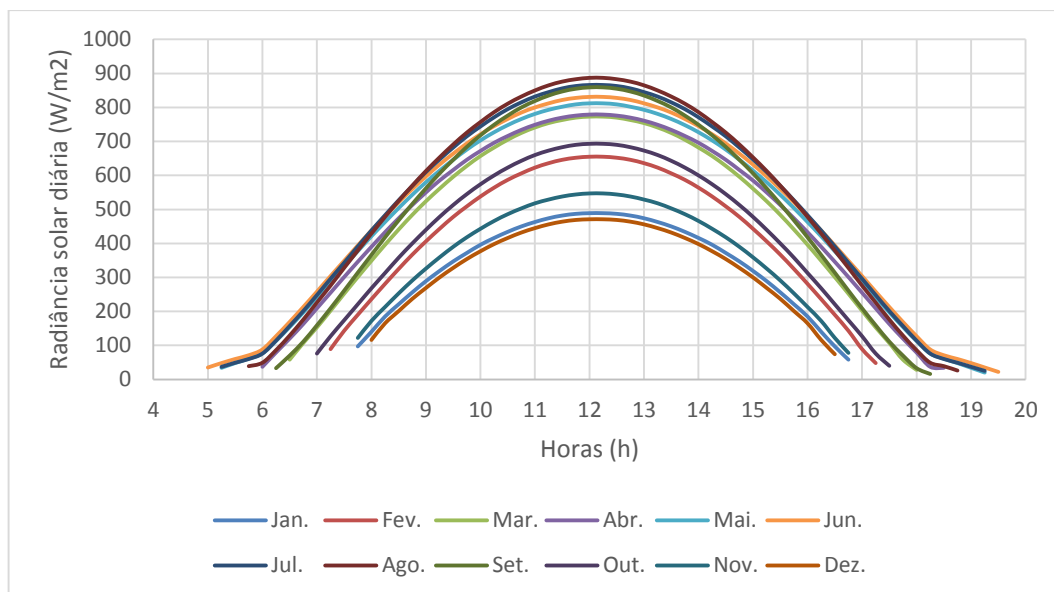


Figura 4.4 - Valores médios da radiação solar diária para cada mês.

Para efeitos de cálculo considerou-se que os valores de radiação solar médios obtidos para cada mês serão os respectivos valores para cada dia desse mês.

4.3 - Grandezas de Energia

No capítulo 4 pretende-se, também, analisar cinco grandezas de energia: a energia de consumo, de autoprodução, de autoconsumo, de consumo líquido e a de injetada líquida.

A energia de consumo corresponde ao consumo total anual que o consumidor necessita para cobrir as suas necessidades elétricas.

A energia de autoprodução é o valor que uma UPAC produz durante um ano. Quanto maior for a potência da UPAC, maior será a sua produção anual. O valor da energia autoproduzida é igual à soma da energia injetada líquida com a da autoconsumida. A energia de autoprodução foi calculada a partir da seguinte expressão:

$$AP \text{ (kWh)} = \sum_{i=0}^{8760} \frac{Rad \times A \times 0,25}{1000} \times Ef, \quad (4.1)$$

onde AP é a energia de autoprodução, em kWh, a uma cadência de 15 minutos (ou seja, 0,25 horas como apresentado na equação), i corresponde ao instante de tempo, em horas, Rad representa a radiação solar naquele instante, em W/m^2 , A é a área do módulo que é obtida tendo em conta o número de células e a dimensão das mesmas, em m^2 , Ef representa a eficiência do painel fotovoltaico (assumiu-se o valor de 14,91 % conforme as fichas técnicas dos painéis em questão⁴).

A energia de autoconsumo é a energia consumida localmente proveniente da UPAC e representa a fração de energia que deixa de ser fornecida pela RESP. Matematicamente esta energia foi determinada segundo as seguintes condições:

⁴ Os painéis fotovoltaicos de 200 W e 250 W são compostos por células do tipo policristalino e monocristalino, respetivamente. Os nomes dos mesmos podem ser consultados no Anexo A.

$$\begin{cases} \text{Consumo} > \text{Autoprodução}, \text{então Autoconsumo} = \text{Autoprodução} \\ \text{Consumo} \leq \text{Autoprodução}, \text{então Autoconsumo} = \text{Consumo} \end{cases}$$

A energia de consumo líquido corresponde à energia que o consumidor precisa de retirar da RESP quando a produção da UPAC é insuficiente para cobrir o consumo. O somatório desta energia com a da autoconsumida equivale à energia de consumo. Assim, esta energia foi determinada conforme as seguintes condições:

$$\begin{cases} \text{Consumo} > \text{Autoprodução}, \text{então Consumo Líquido} = \text{Consumo} - \text{Autoprodução} \\ \text{Consumo} \leq \text{Autoprodução}, \text{então Consumo Líquido} = 0 \end{cases}$$

A energia injetada líquida representa a energia que o consumidor liberta para a RESP quando há excesso de produção e não existe forma de armazená-la. Esta energia foi obtida de acordo com as seguintes condições:

$$\begin{cases} \text{Consumo} < \text{Autoprodução}, \text{então Injetada Líquida} = \text{Autoprodução} - \text{Consumo} \\ \text{Consumo} \geq \text{Autoprodução}, \text{então Injetada Líquida} = 0 \end{cases}$$

4.4 - Custos

Os custos podem ser divididos em quatro categorias: faturação, investimento, instalação e LCOE.

Na faturação tem-se a fatura sem e com UPAC. A fatura sem UPAC representa o custo, com IVA, do consumo real anual sem o sistema fotovoltaico. Por outro lado, a fatura com UPAC corresponde ao custo, com IVA, do consumo líquido anual com o sistema fotovoltaico. Por se tratar de um consumidor com uma potência contratada de 3,45 kVA, estes custos são determinados tendo em conta o preço a pagar pela tarifa simples inferior ou igual a 6,9 kVA, em 2014, o que equivale a 0,1528 €/kWh [23]. Ao valor indicado acresce o valor do IVA à taxa legal em vigor. Estes custos recaem apenas sobre os consumos verificados. Não englobam, portanto, a taxa de exploração DGEG, o imposto especial de consumo de eletricidade e a contribuição audiovisual.

No investimento considerou-se os preços aplicados nos equipamentos de autoconsumo pela empresa FF Solar. A estes valores acresce o valor do IVA atualmente praticado. O material constituinte de cada um encontra-se no Anexo A.

Tabela 4.1 - Preços praticados pela empresa FF Solar [24].

Capacidade do Equipamento	Preço [€]
200 W	650
250 W	662
500 W	1115
750 W	1567,8
1500 W	2274

Na instalação estipulou-se que o valor a pagar equivale a 20 % do preço do equipamento escolhido.

O LCOE, ou custo nivelado de energia elétrica, é um conceito de custo a longo prazo responsável por todos os recursos e bens físicos necessários para produzir eletricidade. É como se o consumidor decidisse comprar toda a energia dos próximos 25 anos sob a forma de investimento inicial. O LCOE depende da relação entre o custo total do projeto e da energia produzida ao longo do tempo de vida do projeto. Assumiu-se que o projeto terá um tempo de vida útil de 25 anos.

$$LCOE (\text{€/kWh}) = \frac{Inv + Inst - Res}{Ener}, \quad (4.2)$$

onde *Inv* representa o investimento no equipamento, *Inst* é a instalação do equipamento, *Res* corresponde ao valor residual no final do tempo de vida do projeto (assumiu-se 5 % do investimento) e o *Ener* é a energia produzida ao longo do tempo de vida do projeto.

Não se considerou os custos de manutenção, uma vez que este tipo de sistemas apenas necessita de uma simples limpeza com água para retirar os excessos de sujidade [25].

4.5 - Remunerações

Como foi referido na Secção 3.10, há uma variação nos preços de fecho do OMIE, não havendo uma base que nos ajude a definir os preços médios aritméticos para os próximos meses. Devido a essa dificuldade considerou-se que o valor do OMIE para cada mês corresponde ao valor médio do OMIE dos últimos cinco anos e meio. Desta forma, sempre que haja energia injetada líquida num determinado mês, o consumidor, nesse mês, será ressarcido em 90 %⁵ do valor assumido na tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Valor médio do OMIE relativamente aos últimos cinco anos e meio.

Mês	OMIE Médio [€/MWh]
Janeiro	42,12
Fevereiro	38,78
Março	34,80
Abril	34,15
Maio	43,60
Junho	47,57
Julho	49,03
Agosto	49,08
Setembro	53,01
Outubro	51,30
Novembro	44,41
Dezembro	49,70

⁵ De acordo com a equação (3.1), ao valor do OMIE assumido é-lhe retirado 10%.

4.6 - Métodos para Avaliação Económica

Geralmente os estudos económicos de racionalização energética podem simplificar-se conceptualmente num modelo onde se investe e se obtém ganhos na forma de poupanças distribuídas ao longo do tempo. Os fatores principais a ter em consideração são:

- Os investimentos a realizar;
- As poupanças geradas;
- O valor residual dos equipamentos;
- Os custos de manutenção;
- O custo de oportunidade [26].

O custo de oportunidade surge quando o caso em análise não fixa uma taxa de juro a incluir nos cálculos posteriores. Suponha-se que um consumidor pretende investir 1000 € num equipamento que lhe permite uma poupança energética de 500 € durante 10 anos. Qual a taxa de juro que se deve considerar de maneira a verificar a viabilidade do projeto? A resposta passa pela utilização de uma taxa correspondente à segunda alternativa mais interessante disponível para a remuneração do capital. Esse juro alternativo é chamado “custo de oportunidade”. Na falta de uma indicação assumiu-se um custo de oportunidade de 5 %.

Com estes dados, é possível aplicar alguns métodos para avaliação económica da viabilidade dos investimentos em racionalização energética. Esses métodos serão descritos nas secções seguintes.

4.6.1 - Valor Atual Líquido (VAL)

Neste método entram todos os investimentos, todas as rendas componentes de exploração pagas ou recebidas e ainda a componente de desinvestimento (valor residual). A expressão será:

$$VAL (\text{€}) = \sum_{k=0}^n \frac{-Investimento_k}{(1+i)^k} + \sum_{k=1}^n \frac{FC_k}{(1+i)^k} + \frac{Valor\ Residual}{(1+i)^n}, \quad (4.3)$$

em que n é o tempo de vida útil do projeto, k representa o ano em causa, i corresponde à taxa do custo de oportunidade e FC_k é o fluxo de caixa no ano k [26].

Tendo em conta que todos os fluxos são considerados, o VAL pode assumir valores positivos, negativos ou nulos. Se o valor for positivo, o projeto é economicamente viável, porque permite cobrir o investimento, gerar a remuneração exigida pelo investidor (custo de oportunidade) e, ainda, gerar excedentes financeiros. Se o valor for negativo, o projeto é economicamente inviável. Se o valor for nulo, o projeto ainda é economicamente viável, mas não gera os excedentes financeiros [26].

4.6.2 - Taxa Interna de Rendibilidade (TIR)

Este método calcula uma taxa de juro à remuneração do capital obtido. Para se determinar a TIR, é necessário resolver a equação seguinte em ordem a i [26]:

$$0 = \sum_{k=0}^n \frac{-Investimento_k}{(1+i)^k} + \sum_{k=1}^n \frac{FC_k}{(1+i)^k} + \frac{Valor\ Residual}{(1+i)^n} \quad (4.4)$$

Para se resolver esta equação pode-se aplicar um algoritmo iterativo que permite experimentar diferentes valores de i e ajustar esses valores para que o resultado final seja 0.

Neste trabalho a resolução desta equação consistiu na utilização da função TIR disponível no Microsoft Excel.

A distância entre a TIR e o custo de oportunidade é um indicador de segurança face ao risco associado.

4.6.3 - Período de Recuperação do Investimento (PRI)

Neste método o que se procura saber é: a partir de que ano o projeto começa a dar lucro para além da remuneração do custo de oportunidade.

Uma forma de calcular o PRI passa por reduzir os fluxos de caixa a uma renda equivalente e, posteriormente, verificar qual o n que conduz a que a renda equilibre o investimento. Ou seja, torna-se necessário determinar:

$$VCP (\text{€}) = PA \times \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n}, \quad (4.5)$$

$$VRA (\text{€}) = \frac{VR}{(1+i)^n}, \quad (4.6)$$

onde VCP é o valor capitalizado da poupança, PA corresponde à poupança anual, i representa a taxa do custo de oportunidade, n é a duração dos painéis fotovoltaicos, VRA representa o valor residual atualizado e VR corresponde ao valor residual definido [26].

Assim sendo é possível calcular a renda, R , de acordo com a seguinte expressão [26]:

$$R (\text{€}) = (VCP + VRA) \times \frac{i \times (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (4.7)$$

E, depois, o número de anos, n , para a recuperação do capital será calculado partindo da equação:

$$C (\text{€}) = R \times \frac{(1+i)^n - 1}{i \times (1+i)^n}, \quad (4.8)$$

em que C é o capital inicial [26].

Formulando a equação anterior em ordem de n , tem-se [26]:

$$PRI = n (\text{anos}) = \frac{\log\left(\frac{-R}{C \times i - R}\right)}{\log(1+i)} \quad (4.9)$$

Como critério de risco, os projetos que recuperam o capital mais rapidamente são em princípio os mais aliciantes.

4.7 - Conclusões

Ao longo deste capítulo assumiram-se várias hipóteses que foram tidas em conta na análise económica desenvolvida no capítulo 5.

Considerou-se um período de 25 anos, iniciado em 2014. Admitiu-se que os dados de consumo de 2014 serão iguais para os próximos 25 anos. Os custos apresentados recaem apenas sobre os consumos obtidos, excluindo, assim, a taxa de exploração DGEG, o imposto especial de consumo de eletricidade e a contribuição audiovisual.

Os dados de radiação solar típicos de cada mês serão os considerados para cada dia desse mês.

Em relação aos preços dos equipamentos de autoconsumo utilizaram-se os praticados pela empresa FF Solar, e assumiu-se que os painéis fotovoltaicos têm uma eficiência de 14,91 %. A instalação do equipamento e o seu valor residual corresponde a 20 % e 5 % do valor investido, respetivamente.

A remuneração paga por parte do comercializador ao consumidor terá como base o OMIE médio calculado a partir dos valores de OMIE dos últimos 5,5 anos.

Capítulo 5

Análise Económica - Casos de Estudo

Neste capítulo são analisados os resultados obtidos para os equipamentos de autoconsumo, de 200 W a 1500 W, sendo apresentado um estudo comparativo entre eles.

A análise de resultados consiste na obtenção da evolução das grandezas de energia e de custo anuais, passando pela especificação de dois dias, 6 de janeiro e 7 de julho de 2014, para analisar a evolução das grandezas de energia a uma cadência de 15 minutos.

Para finalizar, é apresentada para cada um desses equipamentos, uma análise económica da viabilidade dos investimentos em racionalização energética utilizando os métodos - VAL, TIR e PRI.

Os dados considerados na representação das figuras seguintes encontram-se nos Anexos B a F. Nesses anexos também se pode encontrar o fluxo de caixa ao longo dos anos para cada cenário estabelecido.

5.1 - Equipamento de Autoconsumo de 200 W

A figura 5.1 apresenta a evolução anual das grandezas de energia medidas e calculadas, tendo o consumidor um equipamento de autoconsumo de 200 W.

O consumo anual obtido é de 1540,95 kWh. A energia de autoprodução anual equivale a 344,69 kWh. Cerca de 88,07 % desta cobre 19,70 % do consumo anual, sendo a restante injetada na RESP, uma vez que o sistema não tem capacidade de armazenamento.

Nos meses de verão, a energia de autoprodução é mais elevada devido à elevada radiação solar. De referir que o mês de agosto corresponde ao consumo mínimo anual de 96,45 kWh e, sendo um dos meses onde a energia de autoprodução é mais elevada com 37,61 kWh, contribui para um aumento na energia injetada líquida com 8,44 kWh, o que representa 20,52 % da energia líquida anual.

Em todos os meses verificou-se que houve injeção de energia na RESP, tendo os meses de janeiro, novembro e dezembro valores de energia injetada líquida de 0,90 kWh, 0,98 kWh e 0,83 kWh, respetivamente.

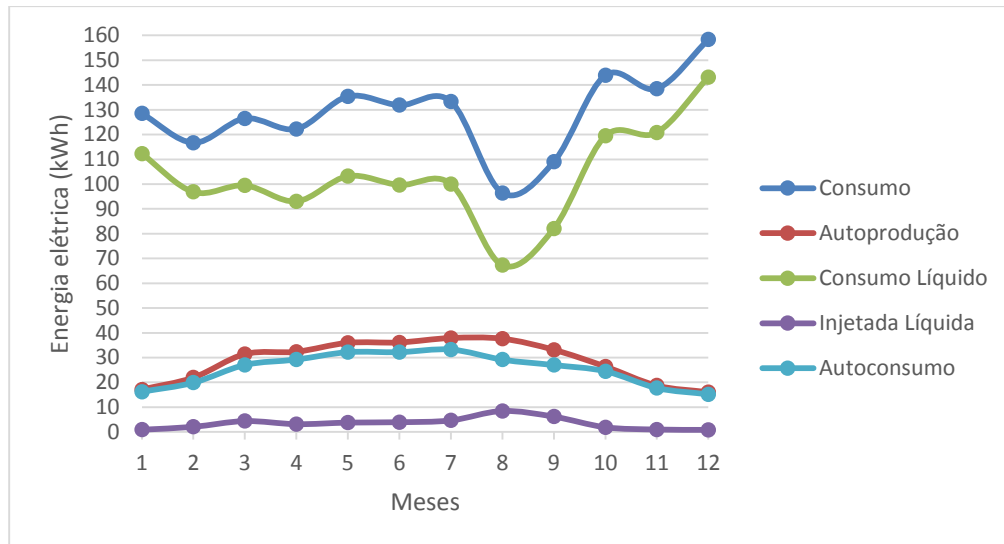


Figura 5.1 - Grandezas de energia anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 200 W.

As grandezas de custo estão representadas na figura 5.2. Na ausência de uma UPAC, o custo de consumo total anual, com IVA, é de 289,61 €. Caso o consumidor tenha uma UPAC, esse custo é reduzido, aproximadamente, em 19,70 %, passando para 232,56 €. Como há injeção de energia na RESP, o consumidor terá de receber 1,69 € da comercializadora, elevando a poupança anual para 58,74 €.

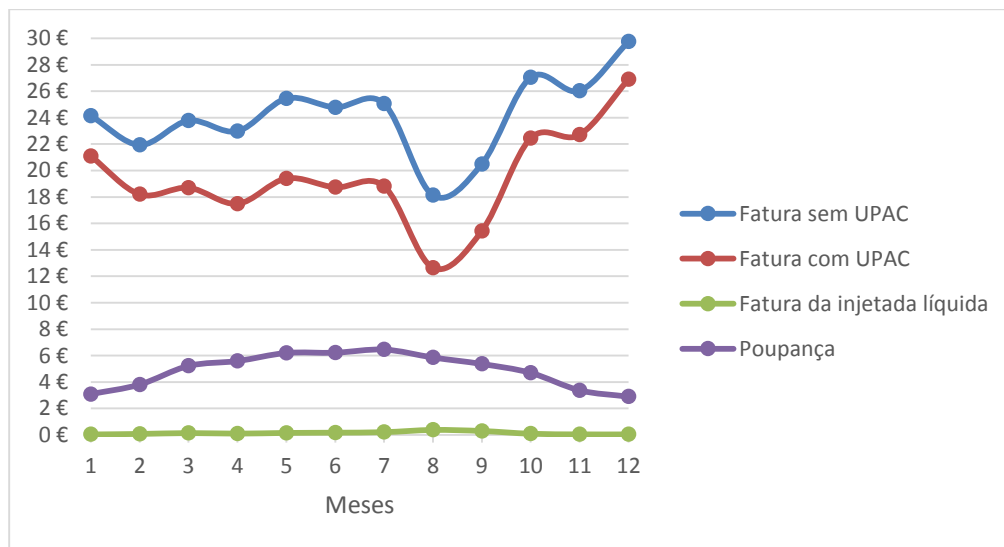


Figura 5.2 - Grandezas de custo anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 200 W.

A figura 5.3 apresenta a evolução anual das grandezas de energia medidas e calculadas para o dia 6 de janeiro de 2014 (segunda-feira).

Relativamente à figura 5.3 verifica-se que a energia de autoprodução é praticamente a mesma que a de autoconsumo. A energia de consumo é, em quase todos os períodos de tempo, superior à de autoprodução. Observa-se que pelas 11:45h isso já não acontece, sendo libertada para a RESP o excedente que equivale a 0,0035 kWh.

Observa-se ainda que a curva da energia de consumo é praticamente a mesma que a do consumo líquido, excetuando o período em que há autoprodução (entre as 7:45h e 16:45h).

Verificam-se três picos de consumo às 10:45h, 12:15h e 21:45h. Os dois primeiros picos são cobertos, em parte, pela autoprodução, ao passo que o terceiro será colmatado totalmente pela RESP.

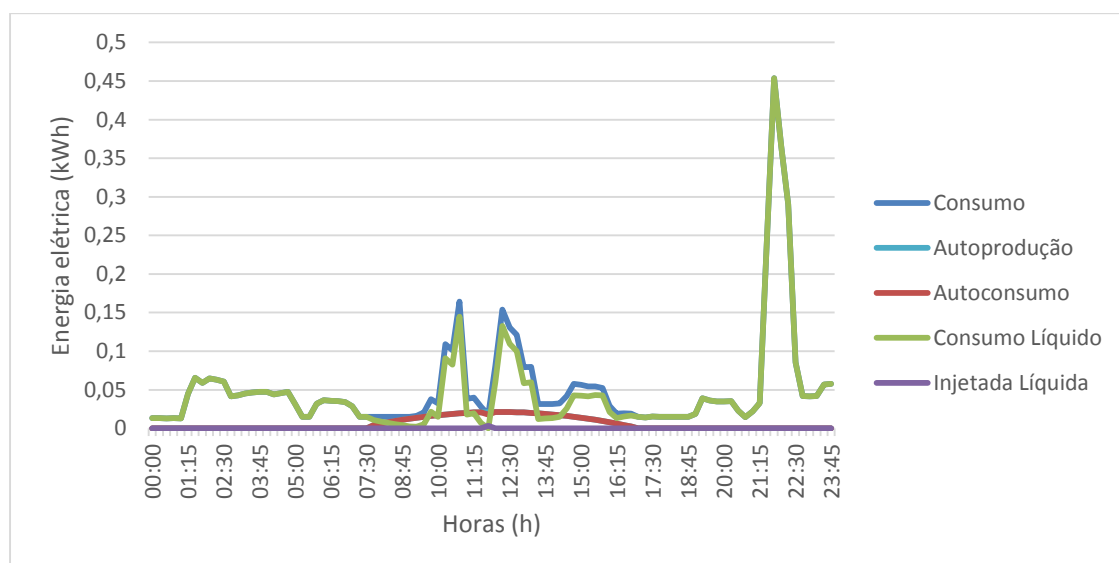


Figura 5.3 - Grandezas de energia no dia 6 de janeiro de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 200 W.

A evolução anual das grandezas de energia medidas e calculadas para o dia 7 de julho de 2014 (segunda-feira) encontra-se na figura 5.4. Neste caso observa-se que ocorrem três picos de consumo a horas distintas (14:45h, 17:30h e 18:30h) comparativamente aos obtidos na figura 5.3. Estes consumos são parcialmente cobertos pela energia de autoprodução.

De referir que, a radiância solar típica para o dia de julho é de 221,28 % superior à verificada no dia de janeiro.

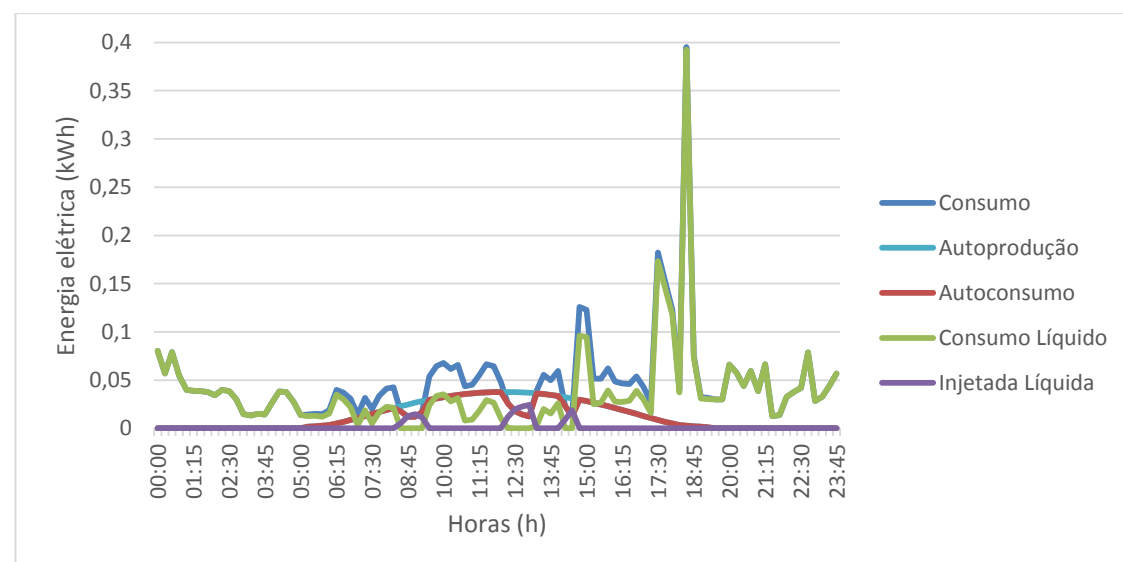


Figura 5.4 - Grandezas de energia no dia 7 de julho de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 200 W.

Há assim uma maior diferença entre a energia de consumo e a de consumo líquido que equivale a 1,1817 kWh em detrimento dos 0,5491 kWh obtido para o dia de janeiro, visto que existe uma maior energia de autoprodução de cerca de 221,30 % e, por conseguinte, uma maior

energia de autoconsumo, aproximadamente 215,21 %. Desta forma, também se verifica um aumento nos períodos de tempo em que há energia injetada líquida que corresponde a 0,0412 kWh (cerca de 0,99 % do consumo diário). No que diz respeito às grandezas de energia, as diferenças entre estes dois dias podem ser vistas na figura 5.5.

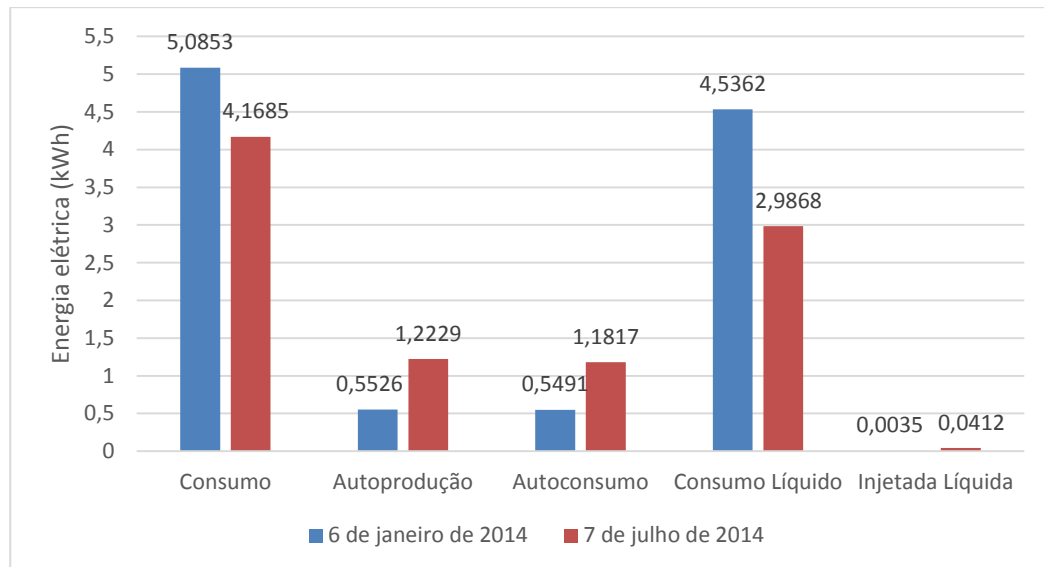


Figura 5.5 - Grandezas de energia diárias para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 200 W.

O investimento inicial é constituído por duas parcelas: preço do equipamento de autoconsumo e da respetiva instalação. O preço do equipamento de autoconsumo em causa rondará os 799,50 €, com IVA incluído, enquanto que a sua instalação será de 159,90 €.

O valor residual será 5 % do preço do equipamento, ou seja, 39,98 €, sem custo de oportunidade associado, o que representa uma desvalorização anual do equipamento de 11,29 %, aproximadamente.

Tendo em conta o investimento inicial e a energia autoproduzida calculada durante o período vida útil do painel fotovoltaico, obteve-se um LCOE de 0,1067 €/kWh.

Na tabela 5.1 são apresentados os resultados obtidos para os três cenários estipulados:

- Cenário 1: Preço da eletricidade mantém-se estabilizado;
- Cenário 2: Preço da eletricidade aumenta 0,05 % por ano;
- Cenário 3: Preço da eletricidade aumenta 1,0 % por ano.

Tendo em conta as considerações tomadas para os diferentes cenários, obviamente que o cenário 3 será sempre o mais interessante face aos restantes, independentemente do equipamento de autoconsumo em causa.

Tendo em consideração o custo de oportunidade verifica-se que o fluxo de caixa aumenta 24,30 % e 50,32 % com o aumento anual de 0,05 % e 1,0 % do preço da eletricidade, respetivamente.

Tabela 5.1 - Principais dados para o equipamento de autoconsumo de 200 W.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Custo de Oportunidade	5,0 %	5,0 %	5,0 %
Investimento	-959,40 €	-959,40 €	-959,40 €
Fluxo de Caixa	827,94 €	1 029,09 €	1 244,52 €
Valor Residual	11,80 €	11,80 €	11,80 €

O projeto é economicamente viável nos cenários 2 e 3, uma vez que estes apresentam VAL positivos e uma TIR superior ao custo de oportunidade. A distância entre a TIR e o custo de oportunidade indica a robustez da solução face ao risco e, por isso, o cenário 3 torna-se mais interessante, como referido anteriormente. Contudo, como o VAL é relativamente baixo e o PRI é elevado, trata-se de um retorno moroso que poderá levar a um afastamento dos interessados na instalação deste equipamento.

Apesar do LCOE obtido (0,1067 €/kWh) ser inferior ao preço da eletricidade considerado no cenário 1 (0,1527 €/kWh), este cenário não é viável, o que se explica pelo facto de a energia de autoprodução não ser autoconsumida na sua totalidade. Anualmente é injetada na rede cerca de 41,13 kWh. O consumidor é ressarcido com uma remuneração substancialmente inferior àquela que o mesmo consumidor paga para ser abastecido (ver tabela 4.2 da Secção 4.5).

Tabela 5.2 - Resultados obtidos para os métodos de avaliação económica.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
VAL	-119,66 €	81,49 €	296,92 €
TIR	3,740 %	5,747 %	7,423 %
PRI (anos)	33,518	21,489	15,833

5.2 - Equipamento de Autoconsumo de 250 W

Neste caso, apenas foram alterados dois parâmetros: o de capacidade de produção e o de investimento por se tratar de outro equipamento de autoconsumo.

O consumo anual é o mesmo (1540,95 kWh), mas a energia de autoprodução anual corresponde a 430,86 kWh, devido a uma maior capacidade de produção de energia, aumentando 25,00 % relativamente à situação anterior. Desta energia, cerca de 83,00 % é para a energia de autoconsumo, sendo a restante libertada para a RESP.

Em relação à situação anterior houve um aumento anual de 17,80 % na energia de autoconsumo e de 78,14 % na energia injetada líquida e uma diminuição de 4,57 % na energia de consumo líquido.

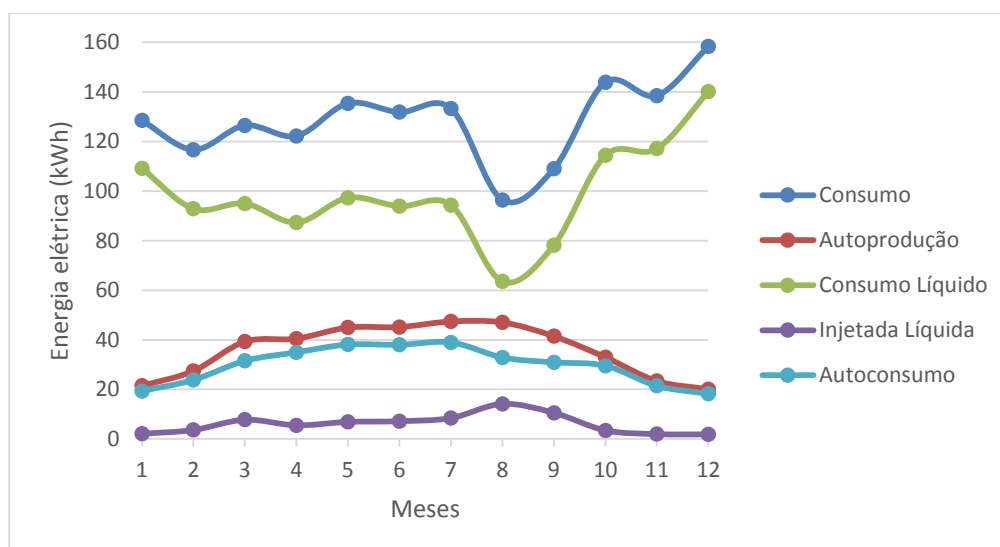


Figura 5.6 - Grandezas de energia anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 250 W.

Na figura 5.7 estão representadas as grandezas de custo. Sem instalação de uma UPAC, o custo de consumo total anual é exatamente o mesmo (289,61 €) independentemente do equipamento em questão. No entanto, na presença de uma UPAC, esse custo passa para 222,40 €. De referir que o consumidor tem a receber da comercializadora 3,01 € pela energia injetada líquida. Deste modo a poupança anual passa para 70,22 € em detrimento dos 58,74 € da situação anterior.

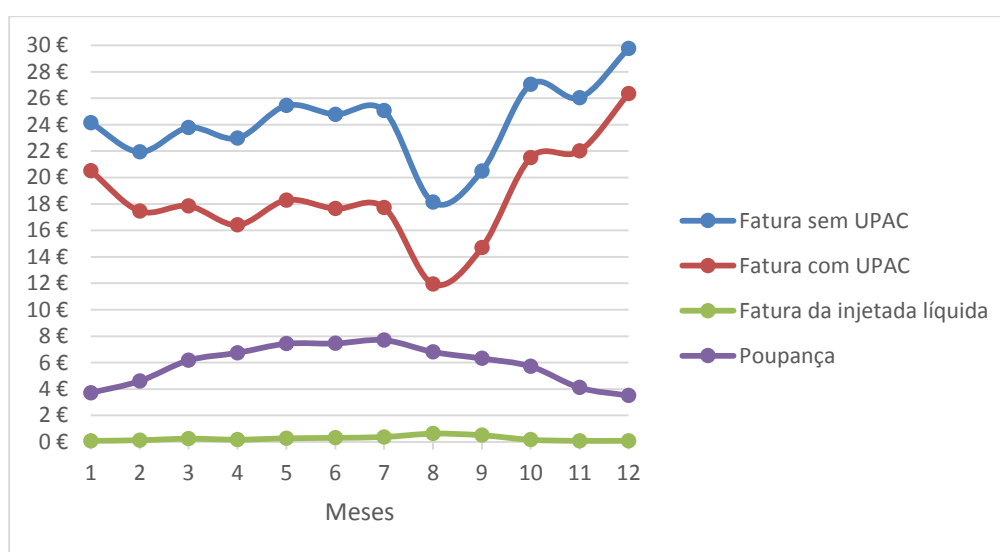


Figura 5.7 - Grandezas de custo anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 250 W.

Em relação à figura 5.8 nota-se um maior desfasamento entre a curva de energia de consumo e a de consumo líquido nas horas em que se produz energia. Comparativamente à situação anterior verifica-se um maior número de períodos de tempo (9:00h, 9:15h e 11:45h) em que a energia de autoprodução é superior à de consumo, sendo o excedente injetado na RESP. Este excedente sofreu um aumento de 208,57 % devido ao aumento que houve na energia de autoprodução de cerca de 25 %.

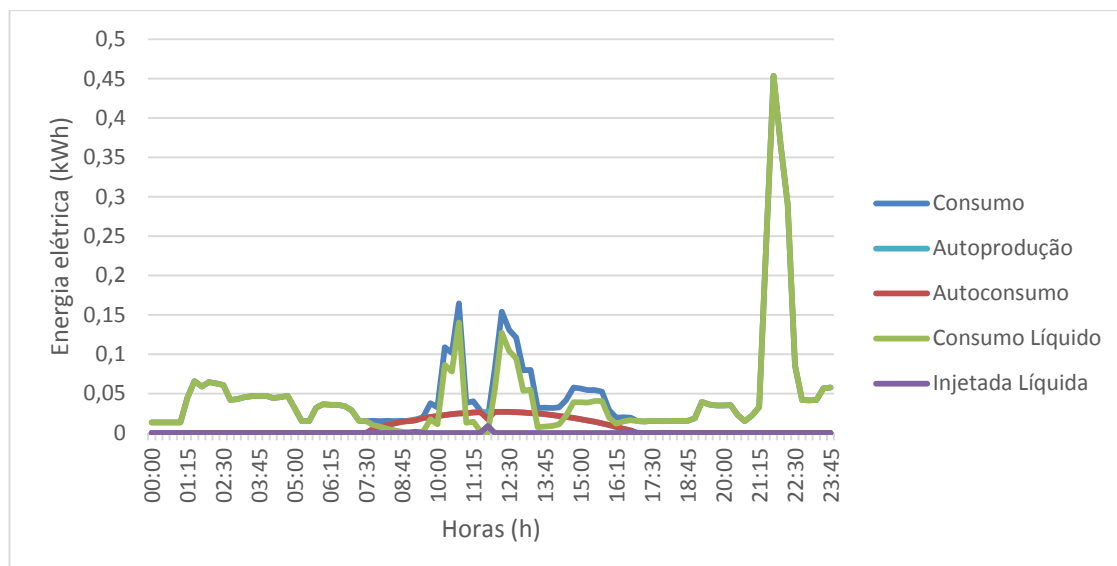


Figura 5.8 - Grandezas de energia no dia 6 de janeiro de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 250 W.

Na figura 5.10 verifica-se um aumento de energia de autoprodução na ordem dos 121,28 %, o que contribui para uma maior diferença entre a energia de consumo e a de consumo líquido ilustrada na figura 5.9, passando para 1,4307 kWh, e uma maior injeção de energia na rede equivalente a 0,0979 kWh.

Ao comparar com o equipamento de autoconsumo de 200 W, conclui-se que a energia de consumo líquido diminuiu 9,09 %, enquanto que a energia de autoconsumo e a injetada líquida aumentaram 21,06 % e 137,62 %, respetivamente.

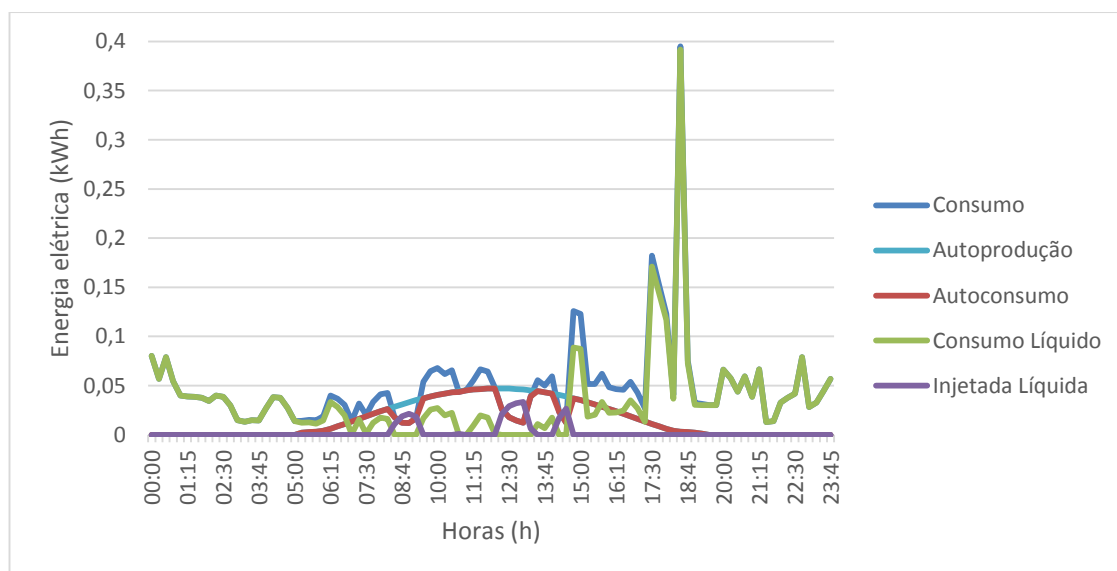


Figura 5.9 - Grandezas de energia no dia 7 de julho de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 250 W.

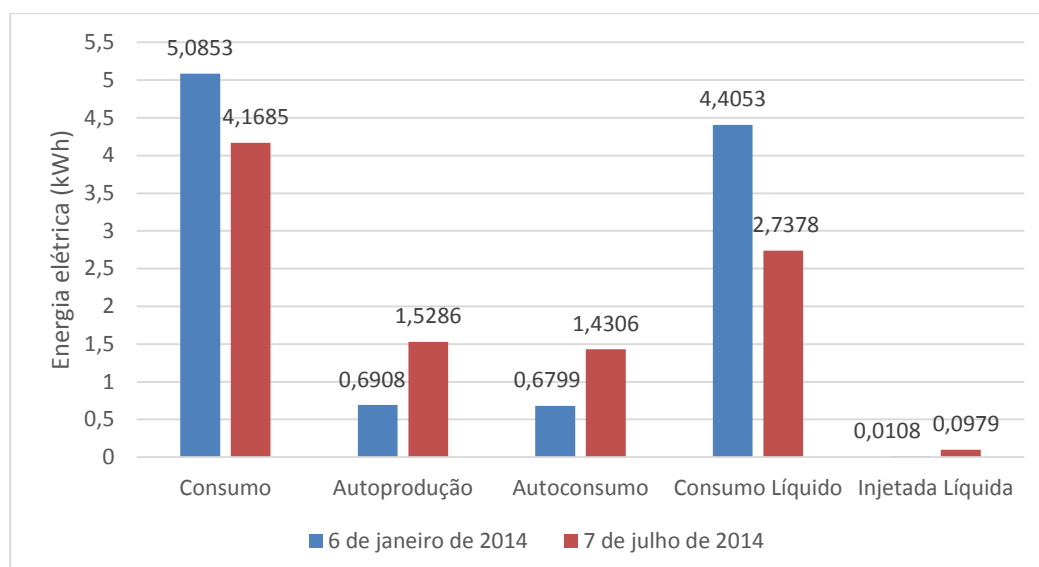


Figura 5.10 - Grandezas de energia diárias para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 250 W.

O preço do equipamento de autoconsumo em causa rondará os 814,26 €, com IVA incluído, ao passo que o custo da sua instalação será de 162,85 €. Trata-se de um aumento de 1,85 % relativamente ao equipamento de 200 W. Por conseguinte, o valor residual, sem custo de oportunidade, será de 40,71 €.

Neste caso, obteve-se um LCOE de 0,0869 €/kWh, o que reflete uma redução de 22,78 % face ao LCOE anterior.

O fluxo de caixa aumentou 19,53 %, 15,71 % e 12,99 % comparativamente com os cenários anteriormente traçados, respetivamente.

Tabela 5.3 - Principais dados para o equipamento de autoconsumo de 250 W.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Custo de Oportunidade	5,0 %	5,0 %	5,0 %
Investimento	-977,11 €	-977,11 €	-977,11 €
Fluxo de Caixa	989,65 €	1190,80 €	1406,23 €
Valor Residual	12,02 €	12,02 €	12,02 €

O projeto é economicamente viável para qualquer cenário escolhido, uma vez que se obtiveram VAL positivos. Neste caso, e em todos os cenários considerados, obtiveram-se VAL mais elevados ao invés do caso anterior. Deste modo, pode-se afirmar que, tendo em conta os consumos do consumidor em causa, será mais vantajosa a instalação deste equipamento em detrimento do anterior.

Tabela 5.4 - Resultados obtidos para os métodos de avaliação económica.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
VAL	24,56 €	225,71 €	441,14 €
TIR	5,245 %	6,993 %	8,501 %
PRI (anos)	23,835	17,416	13,621

5.3 - Equipamento de Autoconsumo de 500 W

Neste caso a energia de autoprodução anual corresponde a 861,73 kWh, aumentando 100 % relativamente à situação anterior. Desta energia, cerca de 59,89 % é energia de autoconsumo, sendo 40,11 % injetada na rede.

Em relação ao equipamento anterior, a energia de autoconsumo e a de injetada líquida tiveram um aumento anual na ordem dos 44,33 % e 371,68 %, respetivamente. Por outro lado, a energia de consumo líquido sofreu uma diminuição na ordem dos 15,47 %.

Na figura 5.11 verifica-se que, com este tipo de equipamento, a curva de energia de autoprodução já ultrapassa, nos meses onde a radiação solar é mais intensa (desde abril até setembro), a curva de energia de consumo líquido. Também se observa que a curva de energia de autoprodução apresenta uma diferença bem notória relativamente à curva de energia de autoconsumo.

De salientar que, pela primeira vez, nos meses de agosto e de setembro, a energia injetada líquida é superior à energia de autoconsumo. Deste modo pode-se considerar que, com um equipamento desta gama, ou superior, instalado na habitação deste consumidor, está-se perante um caso de sobredimensionamento.

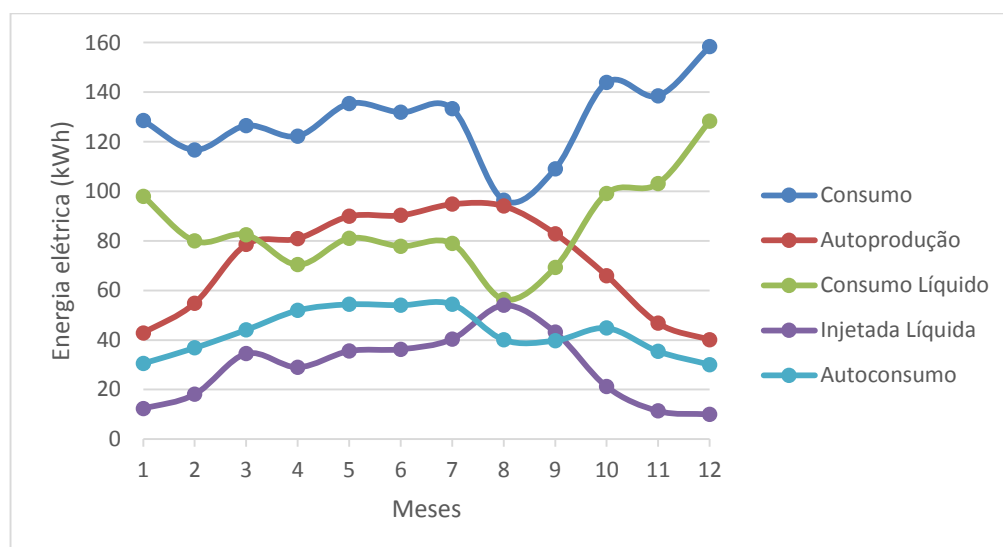


Figura 5.11- Grandezas de energia anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 500 W.

Em relação às grandezas de custo associadas a este tipo de equipamento estão representadas na figura 5.12. Na presença de uma UPAC, o custo de consumo total anual é de 192,61 €, correspondendo a uma redução 15,47 % face ao caso anterior. O consumidor terá de receber cerca de 14,12 €, por ano, da comercializadora, devido à injeção de energia na rede pública. Assim, a poupança anual corresponde a 111,12 € ao invés dos 70,22 € obtidos com o equipamento de 250 W.

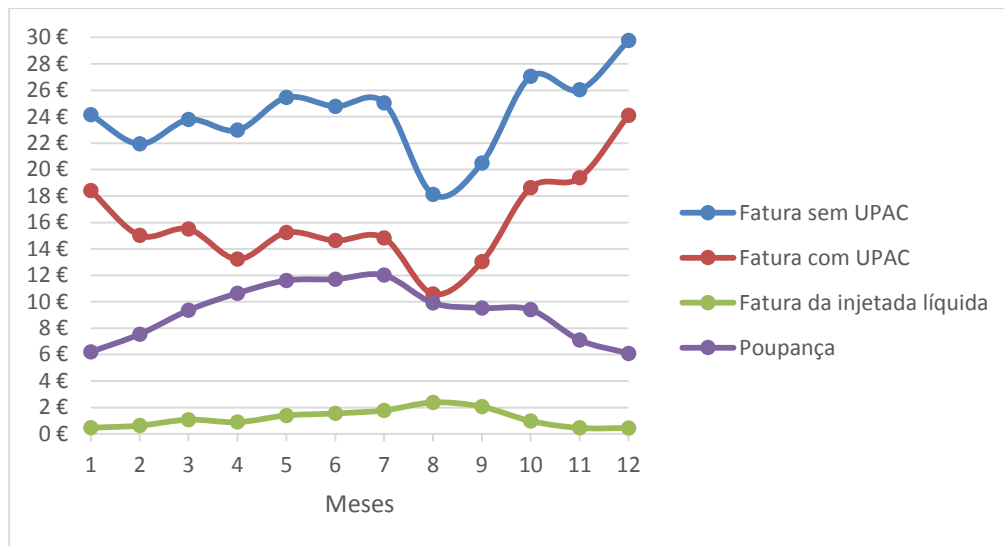


Figura 5.12 - Grandezas de custo anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 500 W.

Para o dia 6 de janeiro de 2014 o desfasamento entre a curva de energia de consumo e a de consumo líquido é mais evidente. Do mesmo modo, também se verifica uma diferença notória entre a curva de energia de autoprodução e a de autoconsumo, devido a um maior número de períodos de tempo (17 em detrimento dos 3 da situação anterior) em que há energia injetada líquida.

Devido ao aumento da energia de autoprodução em 100 %, a energia injetada líquida sofreu um aumento de 2061,11 %. Este resultado reforça a tal ideia do sobredimensionamento.

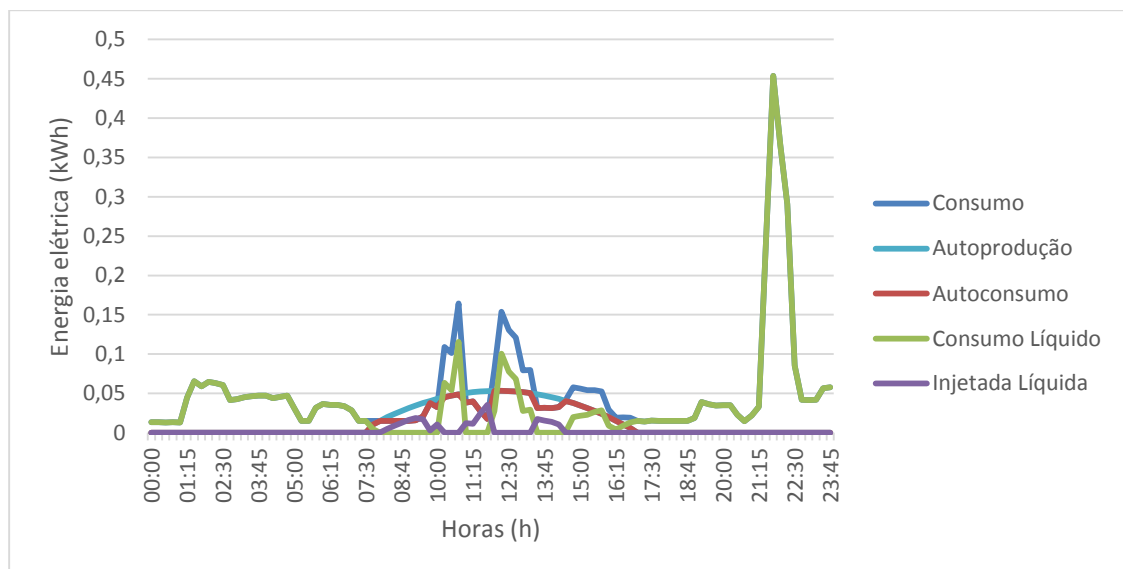


Figura 5.13 - Grandezas de energia no dia 6 de janeiro de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 500 W.

Na figura 5.14 observa-se que, durante grande parte do intervalo de tempo em que há radiação solar, a energia de autoprodução é superior à energia de consumo, contribuindo significativamente para oscilação da curva de energia injetada líquida.

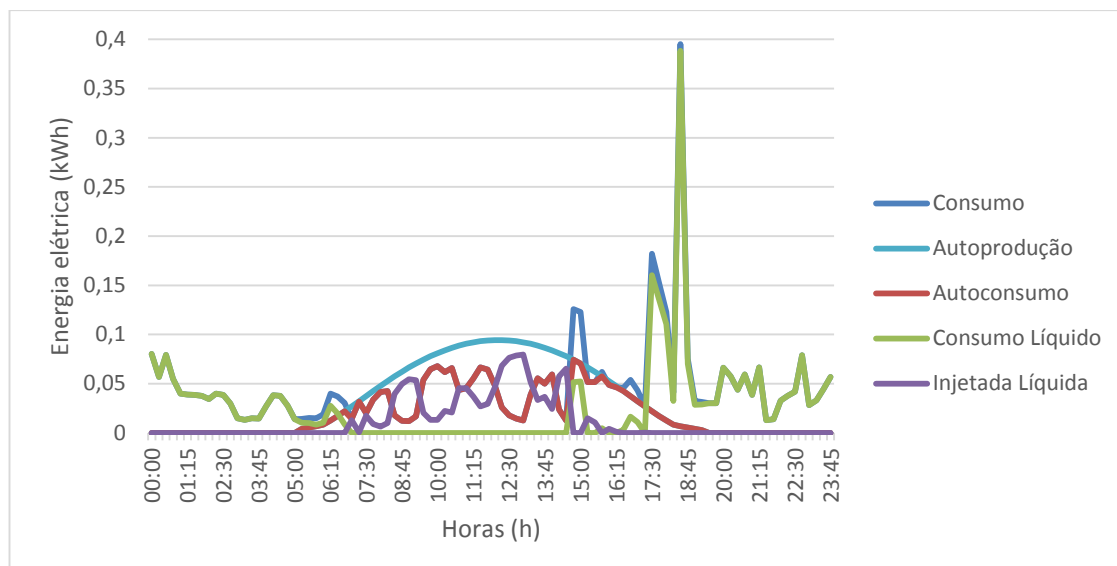


Figura 5.14 - Grandezas de energia no dia 7 de julho de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 500 W.

Na figura 5.15 verifica-se um aumento de energia de autoprodução equivalente a 121,28 % e uma maior injeção de energia na rede equivalente a 1,0759 kWh.

Se se comparar este equipamento com o anterior, deduz-se que, no dia 7 de julho de 2014, a energia de consumo líquido diminui 25,17 %, ao passo que a energia de autoconsumo e a injetada líquida aumentaram 38,49 % e 998,98 %, respetivamente.

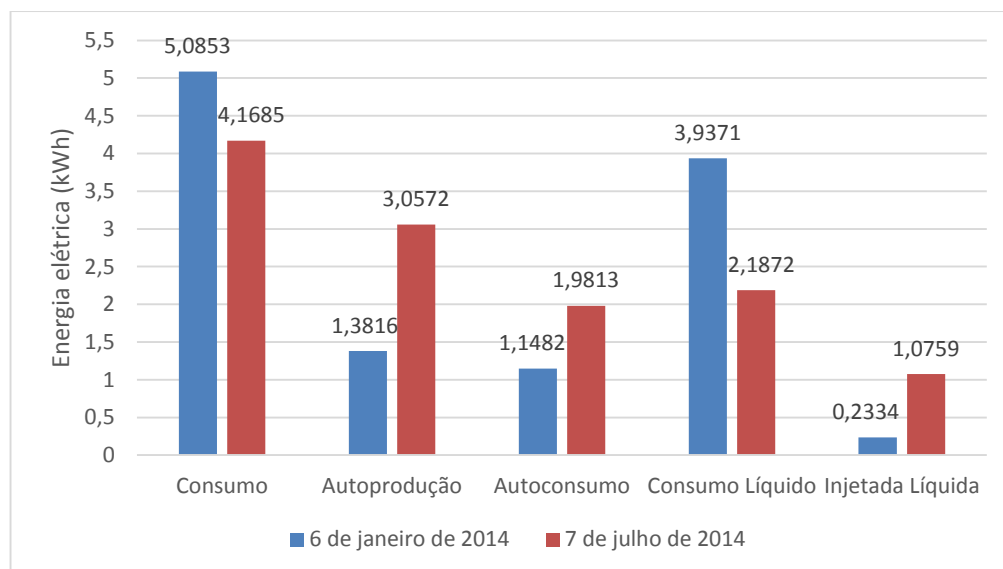


Figura 5.15 - Grandezas de energia diárias para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 500 W.

Para este equipamento o seu preço rondará os 1371,45 €, com IVA incluído, e o custo da sua instalação será 274,29 €. Trata-se de um aumento de 68,43 % pelo dobro da capacidade do painel. Por sua vez, o valor residual, sem custo de oportunidade, será de 68,57 €.

Neste caso, obteve-se um LCOE de 0,0732 €/kWh, o que traduz numa redução de 18,72 % face ao LCOE anteriormente calculado.

Para este equipamento verificou-se que o fluxo de caixa aumentou respetivamente 58,25 %, 48,41 % e 40,99 % em relação aos cenários anteriores.

Tabela 5.5 - Principais dados para o equipamento de autoconsumo de 500 W.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Custo de Oportunidade	5,0 %	5,0 %	5,0 %
Investimento	-1 645,74 €	-1 645,74 €	-1 645,74 €
Fluxo de Caixa	1 566,08 €	1 767,24 €	1 982,67 €
Valor Residual	20,25 €	20,25 €	20,25 €

O projeto será economicamente viável para os cenários 2 e 3. Neste caso, e em todos os cenários considerados, obtiveram-se valores de VAL inferiores aos obtidos no caso anterior. Assim sendo, a instalação deste equipamento não será a solução mais vantajosa. Contudo, trata-se da melhor alternativa, uma vez que o equipamento de autoconsumo de 200 W apresenta valores de VAL inferiores.

Tabela 5.6 - Resultados obtidos para os métodos de avaliação económica.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
VAL	-59,41 €	141,75 €	357,18 €
TIR	4,643 %	5,786 %	6,838 %
PRI (anos)	26,919	21,448	17,733

5.4 - Equipamento de Autoconsumo de 750 W

Neste caso a energia de autoprodução anual corresponde a 1292,59 kWh. Desta energia, cerca de 45,51 % é para a energia de autoconsumo, sendo 54,49 % injetada na rede.

Em relação ao caso anterior, a energia de autoconsumo e a injetada líquida tiveram um aumento anual na ordem dos 13,97 % e 103,82 %, respetivamente. Em contrapartida, a energia de consumo líquido desceu 7,57 %.

A figura 5.16 vem no seguimento do que foi referido para o equipamento de autoconsumo de 500 W. A curva de energia de autoprodução já ultrapassa, nos meses de fevereiro a outubro, a curva de energia de consumo líquido. Como foi dito anteriormente, trata-se, portanto, de outro caso de sobredimensionamento.

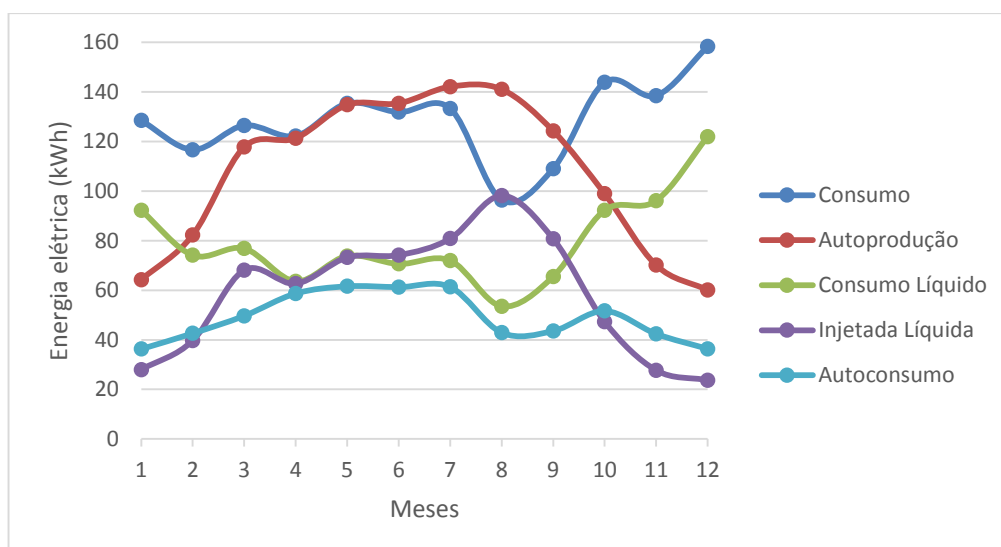


Figura 5.16 - Grandezas de energia anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 750 W.

Com a instalação da UPAC, o custo de consumo total anual é de 179,06 €, o que equivale a uma redução 7,57 % relativamente ao caso anterior. O consumidor terá de ser ressarcido em cerca de 28,66 €, por ano, por parte da comercializadora. Assim, a poupança anual passa para 139,21 € ao invés dos 111,12 € obtidos com o equipamento anterior.

De referir que, nos meses de abril a agosto, a poupança mensal ultrapassa a fatura mensal com UPAC. Nestes meses o consumidor injetada mais energia na rede do que aquela que recebe da mesma.

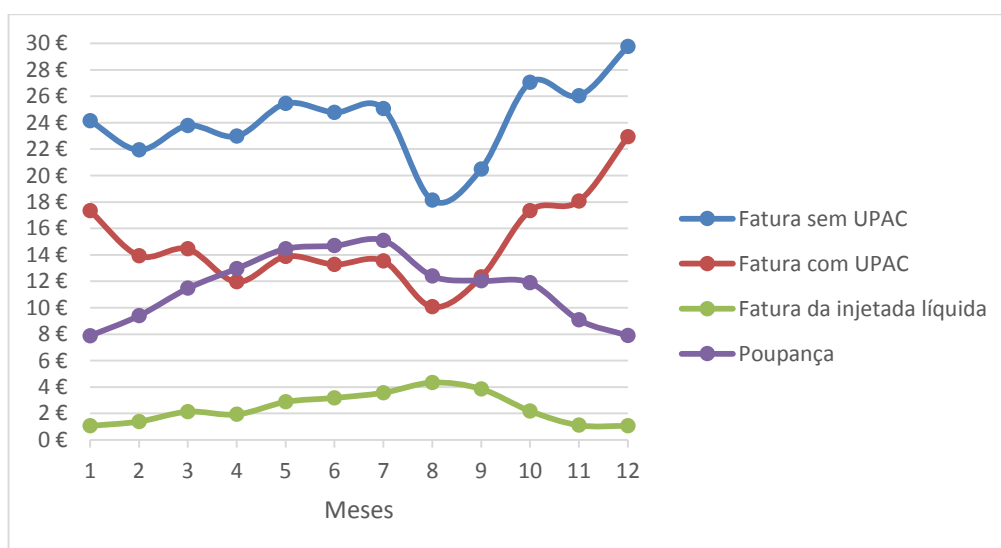


Figura 5.17 - Grandezas de custo anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 750 W.

A figura 5.18 ilustra o sobredimensionamento que foi verificado para o equipamento de autoconsumo de 500 W e que será mais evidente à medida que se aumenta a capacidade de produção do equipamento. Comparativamente ao caso anterior houve um aumento da energia de autoprodução em 50 % e a energia injetada líquida aumentou cerca de 153,21 %. Este aumento não foi tão brusco ao verificado quando se considerou a instalação do equipamento de 500 W em detrimento do de 250 W onde se obteve 2061,11 %.

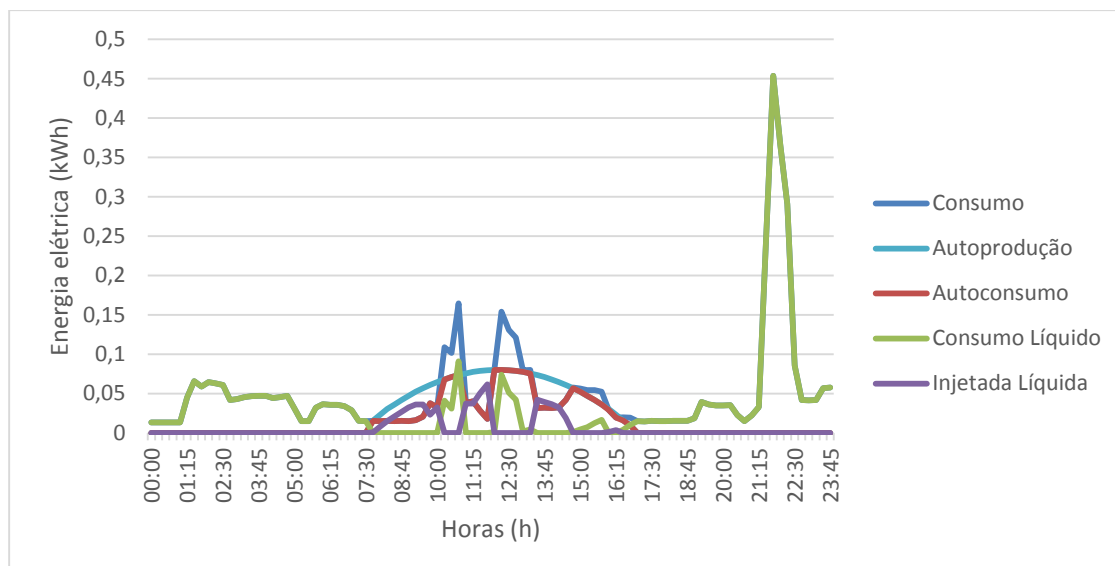


Figura 5.18 - Grandezas de energia no dia 6 de janeiro de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 750 W.

Na figura 5.19 observa-se a tendência constatada para o equipamento de autoconsumo de 500 W.

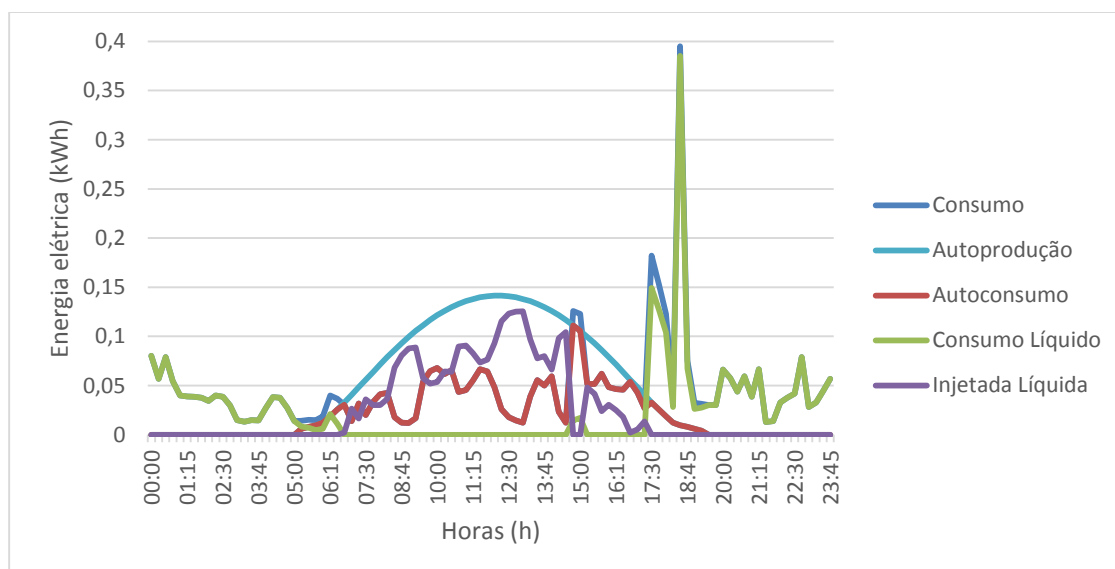


Figura 5.19 - Grandezas de energia no dia 7 de julho de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 750 W.

De acordo com a figura 5.20 conclui-se que houve um aumento de energia de autoprodução correspondente a 2,51 kWh e um aumento da energia injetada líquida na ordem dos 1,84 kWh.

Comparando este equipamento com o anterior, conclui-se que a energia de consumo líquido diminui 8,14 %, ao passo que a energia de autoconsumo e a injetada líquida aumentaram 8,31 % e 126,77 %, respetivamente.

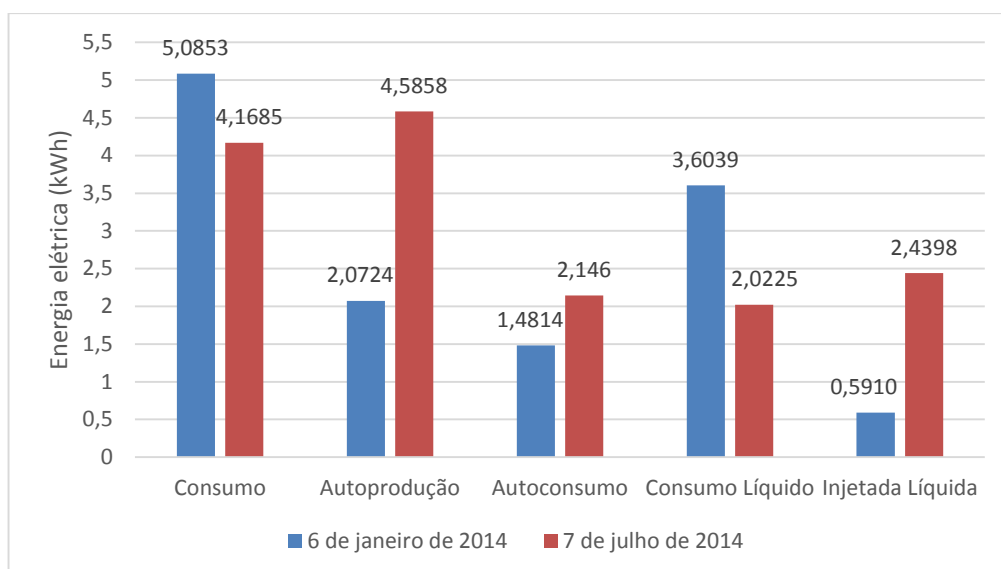


Figura 5.20 - Grandezas de energia diárias para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 750 W.

Este equipamento terá um preço a rondar os 1928,39 €, com IVA incluído, e o custo da sua instalação será 385,68 €. Trata-se de um aumento de 40,61 % comparativamente ao equipamento de 500 W. O seu valor residual será de 96,42 €, sem considerar o custo de oportunidade.

O LCOE obtido ronda os 0,0686 €/kWh, o que significa uma diminuição de 6,71 % relativamente ao LCOE anterior.

O fluxo de caixa aumentou 25,29 %, 22,41 % e 19,97 % em relação aos cenários anteriores, respetivamente. A partir destes valores não se perspetivam bons resultados, visto que o aumento no fluxo de caixa não contrabalança com o aumento significativo no investimento.

Tabela 5.7 - Principais dados para o equipamento de autoconsumo de 750 W.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Custo de Oportunidade	5,0 %	5,0 %	5,0 %
Investimento	-2 314,07 €	-2 314,07 €	-2 314,07 €
Fluxo de Caixa	1 962,08 €	2 163,23 €	2 378,66 €
Valor Residual	28,47 €	28,47 €	28,47 €

O projeto apenas é economicamente viável no cenário 3. No entanto, a instalação deste equipamento, tendo em conta o perfil do consumidor, não compensa. Estamos perante outro caso de sobredimensionamento da instalação. Com este tipo de instalação injeta-se na RESP grandes quantidades de energia injetada líquida que é paga pela comercializadora a um valor bem inferior ao preço da eletricidade adquirida. Deste modo, não interessa, de forma alguma, a injeção na rede pública.

Tabela 5.8 - Resultados obtidos para os métodos de avaliação económica.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
VAL	-323,52 €	-122,37 €	93,06 €
TIR	3,582 %	4,497 %	5,360 %
PRI (anos)	35,059	27,931	23,191

5.5 - Equipamento de Autoconsumo de 1500 W

Neste caso a energia de autoprodução anual corresponde a 2585,18 kWh. Desta energia, cerca de 26,37 % é para a energia de autoconsumo, sendo a restante injetada na RESP.

Comparando com o equipamento de 750 W, a energia de autoconsumo e a injetada líquida tiveram um aumento anual na ordem dos 15,90 % e 170,22 %, respetivamente, ao passo que a energia de consumo líquido sofreu uma diminuição de 10,89 %.

Pela análise da figura 5.21 verifica-se que a energia de autoprodução assume valores superiores aos da energia de consumo, excetuando o mês de dezembro.

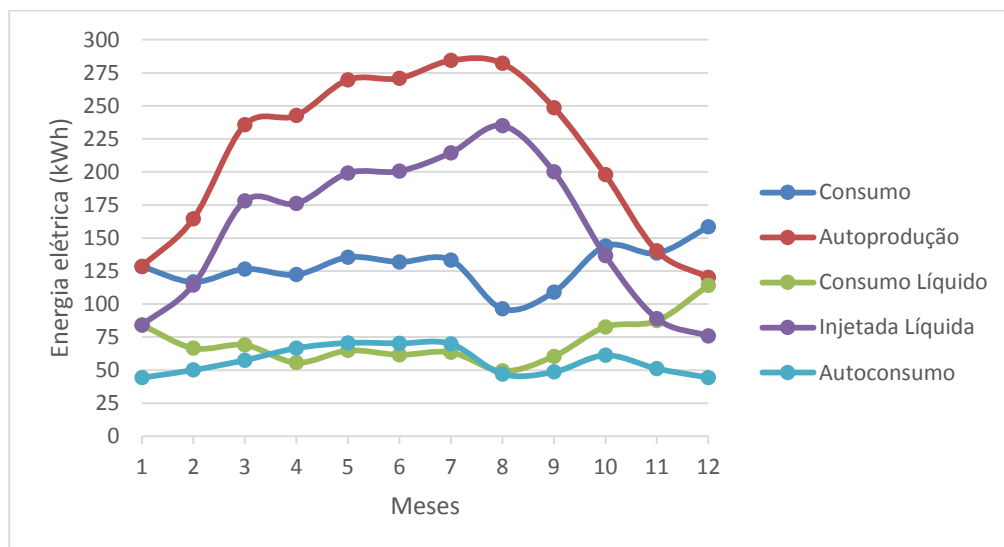


Figura 5.21 - Grandezas de energia anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 1500 W.

Na presença da UPAC, o custo de consumo total anual é de 161,48 €, o que equivale a uma redução 10,89 % comparativamente com o equipamento de 750 W. O consumidor terá de receber, aproximadamente, 77,22 €, por ano, da comercializadora. Deste modo, a poupança anual passa para 205,35 € em detrimento dos 139,21 € obtidos com o equipamento anterior.

De salientar que, ao contrário do verificado para o equipamento de 750 W, a poupança mensal ultrapassa a fatura mensal sem UPAC no mês de agosto. Além disso, a poupança mensal assume valores mais elevados aos da fatura mensal com UPAC num maior número de meses que vai desde fevereiro a outubro.

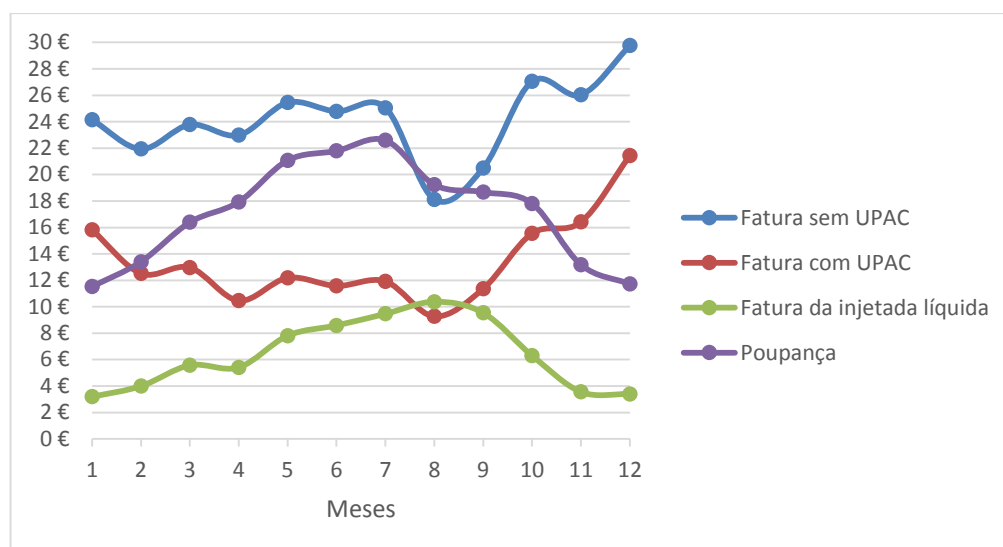


Figura 5.22 - Grandezas de custo anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 1500 W.

A figura 5.23 mostra o sobredimensionamento que foi constatado para o equipamento de autoconsumo de 500 W e que tem vindo a ser cada vez mais evidente. Durante o período do ano em que existe radiação solar, e apenas pelas 10:45h e 16:45h, a energia de consumo é superior à de autoprodução. Nas restantes horas o consumidor está constantemente a injetar na rede pública.

Comparativamente ao caso anterior houve um aumento da energia de autoprodução em 100 % e a energia injetada líquida aumentou cerca de 287,33 %.

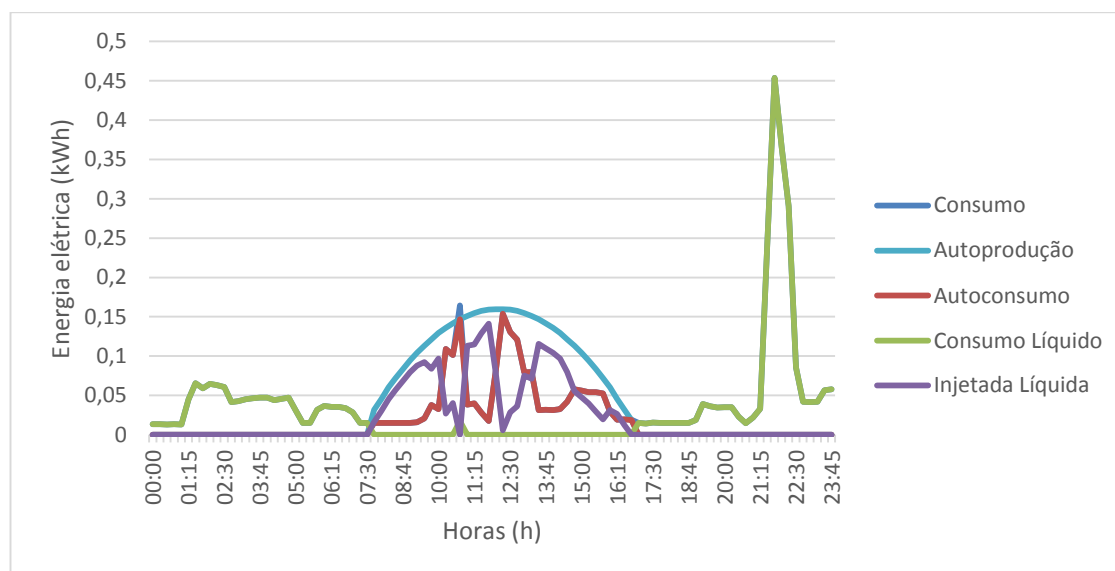


Figura 5.23 - Grandezas de energia no dia 6 de janeiro de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 1500 W.

De acordo com a figura 5.24 observa-se que a energia de autoprodução apenas não assume valores superiores aos da energia de consumo a partir das 17:30h.

Comparativamente com o equipamento de 750 W, constata-se que a energia de consumo líquido diminuiu 7,11 %, ao passo que a energia de autoconsumo e a de injetada líquida aumentaram 6,25 % e 182,45 %, respetivamente.

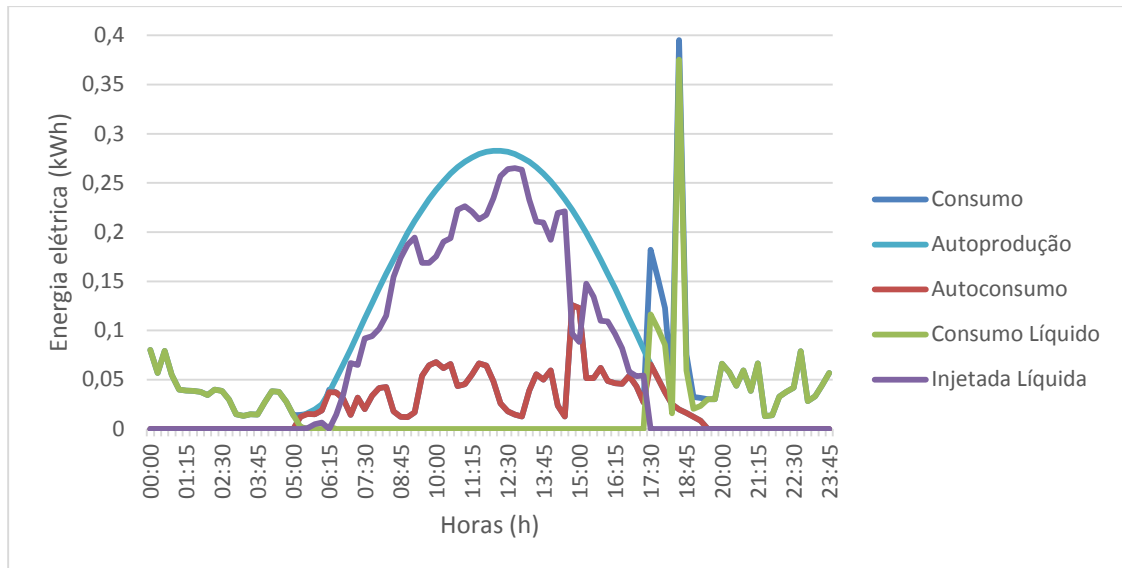


Figura 5.24 - Grandezas de energia no dia 7 de julho de 2014 para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 1500 W.

Na figura 5.25 conclui-se que houve um aumento de energia de autoprodução correspondente a 5,02 kWh e um aumento da energia injetada líquida na ordem dos 4,60 kWh. Também existe um aumento de energia de autoconsumo de 0,4245 kWh. No entanto, este aumento tem vindo a ser cada vez menor à medida que se aumenta a capacidade do equipamento.

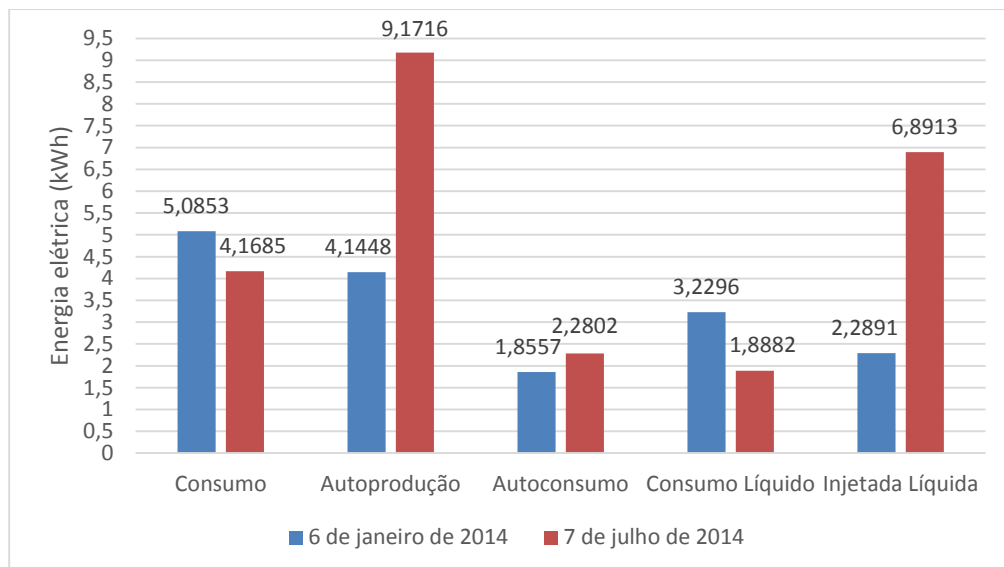


Figura 5.25 - Grandezas de energia diárias para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 1500 W.

O preço do equipamento de autoconsumo rondará os 2797,02 €, com IVA incluído, ao passo que o custo da sua instalação será de 559,40 €, tratando-se, assim, de um aumento de 45,04 % em relação ao equipamento de autoconsumo de 750 W. O seu valor residual, sem custo de oportunidade, será de 139,85 €.

Para este caso obteve-se um LCOE de 0,0498 €, o que reflete uma redução de 37,75 % face ao LCOE anterior.

O fluxo de caixa aumentou, respetivamente, 47,51 %, 43,09 % e 39,19 % comparativamente com os cenários anteriormente traçados.

Tabela 5.9 - Principais dados para o equipamento de autoconsumo de 1500 W.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Custo de Oportunidade	5,0 %	5,0 %	5,0 %
Investimento	-3 356,42 €	-3 356,42 €	-3 356,42 €
Fluxo de Caixa	2 894,20 €	3 095,36 €	3 310,79 €
Valor Residual	41,30 €	41,30 €	41,30 €

Este projeto é economicamente inviável. Na mesma linha de raciocínio da do caso analisado no ponto 5.4, este equipamento agrava ainda mais a situação verificada no equipamento de autoconsumo de 750 W.

Tabela 5.10 - Resultados obtidos para os métodos de avaliação económica.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
VAL	-420,92 €	-219,77 €	-4,34 €
TIR	3,733 %	4,367 %	4,988 %
PRI (anos)	33,584	28,750	25,063

5.6 - Conclusões

No caso do valor do LCOE apresentar valores inferiores ao do preço da eletricidade não significa que o cenário se torne economicamente viável. Independentemente do equipamento de autoconsumo instalado verifica-se que a energia autoproduzida é injetada na rede pública ao longo do ano. A energia autoproduzida não é totalmente autoconsumida. O consumidor é remunerado pela injeção da produção excedente na RESP a um valor bem inferior comparativamente ao que o próprio paga para ser alimentado.

Tendo em conta as características do consumidor conclui-se que a melhor solução passa pela instalação de uma unidade de produção de 250 W. Com essa opção obteve-se um PRI superior a 13 anos, o que pode fazer com que o consumidor se desinteresse pelo modelo de autoconsumo.

Também se concluiu que, ao instalar equipamentos com a capacidade igual ou superior a 500 W, não compensa. Para equipamentos desta gama verifica-se que a instalação se encontra sobredimensionada, uma vez que se passa a injetar grandes quantidades de energia na RESP que é paga a um valor bem inferior do preço da eletricidade adquirida.

Capítulo 6

Conclusões e Trabalhos Futuros

Tendo em consideração o crescimento das cargas é necessário o investimento em novos equipamentos, deste modo o autoconsumo pode aumentar significativamente a capacidade das redes existentes e, assim, aliviar esse investimento. O autoconsumo contribui para a prevenção de perdas na rede, reduzindo os custos de operação e de manutenção dos vários equipamentos em funcionamento.

O autoconsumo apresenta, no entanto, algumas barreiras que se prendem pela falta de clarividência da legislação existente e da estruturação tarifária decidida pelos reguladores nacionais. Esta estruturação vem ao encontro da necessidade de integrar corretamente a geração distribuída e da diminuição na fatura de eletricidade paga ao comercializador. Os consumidores possuidores deste sistema não podem, contudo, ser responsabilizados por uma redistribuição dos custos da rede, uma vez que o autoconsumo apresenta ganhos na eficiência energética.

Da análise económica realizada concluiu-se que, para o perfil do consumidor analisado, a instalação do equipamento de autoconsumo de 250 W foi a mais vantajosa. De referir que, na melhor solução, o período de recuperação do investimento foi superior a 13 anos. Este período de retorno é, de certa forma, elevado, o que poderá levar à resistência do consumidor relativamente à instalação do equipamento.

Ainda se concluiu que com a instalação de equipamentos de autoconsumo superiores a 500 W obtiveram-se casos sobredimensionados. Nestes casos verificou-se um aumento substancial na energia injetada líquida e um aumento residual nas energias de autoconsumo e de consumo líquido comparativamente com os equipamentos de 200 W e 250 W. Para os casos sobredimensionados verificou-se que a sua instalação não compensaria, uma vez que, com a instalação deste tipo de equipamentos, injetar-se-iam grandes quantidades de energia na rede pública, sendo a mesma remunerada a um valor bem inferior ao preço da eletricidade adquirida.

Deste modo, constata-se que, para beneficiar das vantagens que o autoconsumo apresenta, é necessário um projeto rigoroso que permita otimizar a taxa de autoconsumo do sistema, isto é, diminuir a quantidade de excedentes de energia produzida em relação aos consumos efetivos. Os consumidores que possuírem uma UPAC, como estão mais conscientes no que toca aos seus padrões de consumo, contribuem também para a otimização do sistema.

Uma forma de solucionar os casos sobredimensionados poderá passar pela instalação de sistemas de autoconsumo com baterias. No caso de necessidade, o sistema consumirá preferencialmente a energia acumulada em baterias e, só depois destas alcançarem o seu limite, recorrer-se-ia à energia proveniente da RESP. Estes sistemas são, portanto, os mais versáteis, pois permitem consumir energia sem que esta tenha de ser produzida no momento.

Com base no estudo realizado nesta dissertação, podem-se mencionar algumas sugestões para desenvolvimentos futuros. Assim, seria interessante completar a análise efetuada neste estudo com a inclusão das tarifas bi-horária e tri-horária e integrando o sistema de autoconsumo com baterias. Além disso, também se se poderiam analisar outros consumidores com potências contratadas diferentes.

Referências

1. SunEdison. *Enabling the European Consumer to Generate Power for Self-Consumption*. 2011. Disponível em: [http://www.sunedison.es/docs/SunEdison_PV_Self-consumption_Study_high_resolution_\(13_Mb\).pdf](http://www.sunedison.es/docs/SunEdison_PV_Self-consumption_Study_high_resolution_(13_Mb).pdf). Acesso em: fevereiro de 2015.
2. Carneiro, J., *Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos - Sistemas Ligados à Rede e Sistemas Autônomos*, em *Departamento de Física*. 2009, Universidade do Minho. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/16965/1/DIMENSIONAMENTO%20ODE%20SISTEMAS%20FOTOVOLTAICOS.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2015.
3. Energlobo. *Autoconsumo*. 2014. Disponível em: <http://www.energlobo.pt/autoconsumo.html>. Acesso em: fevereiro de 2015.
4. Critical Kinetics. *Autoconsumo*. Disponível em: <http://critical-kinetics.pt/Autoconsumo/upac-autoconsumo.html>. Acesso em: fevereiro de 2015.
5. Municipal Association of South Carolina. *Net Metering - What and Why?* 2008. Disponível em: <https://www.yumpu.com/en/document/view/24410378/net-metering-municipal-association-of-south-carolina>. Acesso em: março de 2015.
6. European Commission. *On Energy Efficiency and Amending and Subsequently Repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC* 2011. Disponível em: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/sec_2011_0779_impact_assessment.pdf. Acesso em: março de 2015.
7. ACER/CEER. *Annual Report on the Results of Monitoring the Internal Electricity and Natural Gas Markets in 2012*. 2013. Disponível em: http://www.acer.europa.eu/Official_documents/Acts_of_the_Agency/Publication/ACER%20Market%20Monitoring%20Report%202013.pdf. Acesso em: março de 2015.
8. EPIA. *Self Consumption of PV Electricity*. 2013. Disponível em: http://www.epia.org/fileadmin/user_upload/Position_Papers/Self_and_direct_consumption_-_position_paper_-_final_version.pdf. Acesso em: março de 2015.
9. Eurostat. *Electricity Prices by Type of User*. 2008-2014. Disponível em: <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/graph.do?tab=graph&plugin=1&pcode=ten00117&language=en&toolbox=data>. Acesso em: março de 2015.
10. European Commission. *Energy: Commission Paves the Way for Massive Roll-Out of Smart Metering Systems*. 2009. Disponível em:

- <http://ec.europa.eu/dgs/energy/newsletter/dg/2012/0322newsletter.html#anc6>. Acesso em: março de 2015.
11. *Diretiva 2009/72/CE - Regras Comuns para o Mercado Interno da Electricidade e Revogação da Diretiva 2003/54/CE*, P.E.e.d. Conselho, Editor. 2009. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:211:0055:0093:PT:PDF>. Acesso em: março de 2015.
 12. EPIA. *Connecting the Sun - Solar Photovoltaics on the Road to Large-Scale Grid Integration*. 2012.
 13. Critical Kinetics. *Autoconsumo no Mundo*. Disponível em: <http://critical-kinetics.pt/Autoconsumo/autoconsumo-no-mundo.html>. Acesso em: março de 2015.
 14. EPIA. *Net-Metering and Self-Consumption Schemes in Europe*. 2013.
 15. EPIA. *European PV Support Schemes Overview - Short Public Version*. 2014.
 16. *Decreto-Lei n.º 153/2014 de 20 de outubro do Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia*. 2014. Disponível em: http://www.apisolar.pt/images/stories/Legislacao/Decreto-Lei_153-2014_20Out.pdf. Acesso em: março de 2015.
 17. *Enquadramento do novo regime de Produção Distribuída*. 2014, Governo de Portugal. Disponível em: <http://www.lusosol.com/pdf/EnquadProdDistri.pdf>. Acesso em: março de 2015.
 18. *Decreto-Lei n.º 141/2010 de 31 de dezembro do Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento*. 2010. Disponível em: <http://www.lneg.pt/download/1218>. Acesso em: março de 2015.
 19. *Decreto-Lei n.º 39/2013 de 18 de março do Ministério da Economia e Emprego*. 2013. Disponível em: http://www.mercado.ren.pt/PT/Electr/ActServ/GarantiasOrigem/Documentacao/EEGODOC/DL_39_2013.pdf. Acesso em: março de 2015.
 20. Eurostat. *Mínimo, medio y máximo preço da cassação do mercado diário*. 2010-2014. Disponível em: http://www.omie.es/reports/index.php?report_id=311&lang=pt#. Acesso em: março de 2015.
 21. ERSE. *Tarifas e preços para a energia elétrica e outros serviços em 2015 e parâmetros para o período de regulação 2015-2017*. 2014. Disponível em: [http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/2015/Documents/PaginaPrincipal/Diretiva%20ERSE%2015-2014%20\(Tarifas%20e%20Pre%C3%A7os%20EE%202015\).pdf](http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/2015/Documents/PaginaPrincipal/Diretiva%20ERSE%2015-2014%20(Tarifas%20e%20Pre%C3%A7os%20EE%202015).pdf). Acesso em: abril de 2015.
 22. Huld, T. and E.D. Dunlop, *Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps*. 2015. Disponível em: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>. Acesso em: abril de 2015.
 23. ERSE. *Tarifas e Preços para a Energia Elétrica e Outros Serviços em 2014*. 2013. Disponível em: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/2014/Documents/Tarifas%20EE%202014.pdf>. Acesso em: abril de 2015.

24. FF Solar. *Kits de Autoconsumo de 200W até 1500W*. 2015. Disponível em: <http://www.ffi-solar.com/index.php?lang=PT&page=produtos&content=model&field=1&category=45&family=203>. Acesso em: junho de 2015.
25. Kit Autoconsumo. *Vantagens dos Kit Autoconsumo*. Disponível em: <http://kitautoconsumo.pt/kit-autoconsumo/>. Acesso em: junho de 2015.
26. Miranda, V. *Tópicos de Matemática Financeira - Para Aplicação em Gestão de Energia*. FEUP, 2006.

Anexo A - Material Constituinte para Cada Equipamento de Autoconsumo

Tabela A.1 - Material constituinte e o respetivo preço de cada equipamento de autoconsumo.

Material	200 W	250 W	500 W	750 W	1500 W
Painel Fotovoltaico <i>SolarWorld</i> 200	1	0	0	0	0
Painel Fotovoltaico <i>SolarWorld</i> 250	0	1	2	3	6
Inversor SMA SB 1.5	0	0	0	0	1
Micro-Inversor SMA SB 240	1	1	2	3	0
Interface SMA <i>Multigate</i>	1	1	1	1	0
Estrutura de suporte em alumínio	1	1	1	1	1
Interligação Painel - Micro-Inversor	1	1	2	3	0
Interligação entre Micro-Inversores	0	0	1	2	0
Preço (sem IVA)	650,00 €	662,00 €	1115,00 €	1567,80 €	2274,00 €

Anexo B - Resultados para o Equipamento de Autoconsumo de 200 W

Tabela B.1 - Grandezas de energia anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 200 W.

Mês	C [kWh]	AP [kWh]	AC [kWh]	CL [kWh]	IL [kWh]
Janeiro	128,49	17,13	16,23	112,26	0,90
Fevereiro	116,72	21,94	19,88	96,84	2,06
Março	126,52	31,41	27,04	99,49	4,38
Abril	122,27	32,36	29,22	93,05	3,14
Maio	135,41	35,96	32,19	103,22	3,77
Junho	131,87	36,11	32,19	99,67	3,92
Julho	133,32	37,91	33,26	100,07	4,65
Agosto	96,45	37,61	29,17	67,28	8,44
Setembro	109,06	33,15	26,98	82,09	6,17
Outubro	143,94	26,38	24,50	119,44	1,88
Novembro	138,54	18,70	17,72	120,82	0,98
Dezembro	158,35	16,02	15,19	143,16	0,83
Anual	1540,95	344,69	303,56	1237,39	41,13

Tabela B.2 - Grandezas de custo anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 200 W.

Mês	Fat. s/ UPAC [€]	Fat. c/ UPAC [€]	Fat. IL [€]	Poupança [€]
Janeiro	24,15	21,10	0,03	3,08
Fevereiro	21,94	18,20	0,07	3,81
Março	23,78	18,70	0,14	5,22
Abril	22,98	17,49	0,10	5,59
Maio	25,45	19,40	0,15	6,20
Junho	24,78	18,73	0,17	6,22
Julho	25,06	18,81	0,21	6,46
Agosto	18,13	12,64	0,37	5,86
Setembro	20,50	15,43	0,29	5,36
Outubro	27,05	22,45	0,09	4,69
Novembro	26,04	22,71	0,04	3,37
Dezembro	29,76	26,91	0,04	2,89
Anual	289,61	232,56	1,69	58,74

Tabela B.3 - Resultados obtidos para o cenário 1 com o equipamento de autoconsumo de 200 W durante o período de 25 anos.

Ano	Fat. s/ UPAC	Fat. c/ UPAC	Poupança	G0	Valor Final
0	-	-	-	-	-959,40 €
1	289,61 €	232,56 €	58,74 €	55,95 €	-903,45 €
2	289,61 €	232,56 €	58,74 €	53,28 €	-850,17 €
3	289,61 €	232,56 €	58,74 €	50,75 €	-799,43 €
4	289,61 €	232,56 €	58,74 €	48,33 €	-751,10 €
5	289,61 €	232,56 €	58,74 €	46,03 €	-705,07 €
6	289,61 €	232,56 €	58,74 €	43,84 €	-661,23 €
7	289,61 €	232,56 €	58,74 €	41,75 €	-619,48 €
8	289,61 €	232,56 €	58,74 €	39,76 €	-579,72 €
9	289,61 €	232,56 €	58,74 €	37,87 €	-541,86 €
10	289,61 €	232,56 €	58,74 €	36,06 €	-505,79 €
11	289,61 €	232,56 €	58,74 €	34,35 €	-471,45 €
12	289,61 €	232,56 €	58,74 €	32,71 €	-438,74 €
13	289,61 €	232,56 €	58,74 €	31,15 €	-407,58 €
14	289,61 €	232,56 €	58,74 €	29,67 €	-377,91 €
15	289,61 €	232,56 €	58,74 €	28,26 €	-349,66 €
16	289,61 €	232,56 €	58,74 €	26,91 €	-322,74 €
17	289,61 €	232,56 €	58,74 €	25,63 €	-297,11 €
18	289,61 €	232,56 €	58,74 €	24,41 €	-272,70 €
19	289,61 €	232,56 €	58,74 €	23,25 €	-249,46 €
20	289,61 €	232,56 €	58,74 €	22,14 €	-227,32 €
21	289,61 €	232,56 €	58,74 €	21,09 €	-206,23 €
22	289,61 €	232,56 €	58,74 €	20,08 €	-186,15 €
23	289,61 €	232,56 €	58,74 €	19,13 €	-167,02 €
24	289,61 €	232,56 €	58,74 €	18,21 €	-148,81 €
25	289,61 €	232,56 €	58,74 €	17,35 €	-119,66 €
Total	7240,32 €	5814,00 €	1468,60 €	827,94 €	

Tabela B.4 - Resultados obtidos para o cenário 2 com o equipamento de autoconsumo de 200 W durante o período de 25 anos.

Ano	Fat. s/UPAC	Fat. c/ UPAC	Poupança	G0	Valor Final
0	-	-	-	-	-959,40 €
1	289,61 €	232,56 €	58,74 €	55,95 €	-903,45 €
2	291,06 €	232,56 €	60,19 €	54,60 €	-848,86 €
3	292,52 €	232,56 €	61,65 €	53,25 €	-795,60 €
4	293,98 €	232,56 €	63,11 €	51,92 €	-743,68 €
5	295,45 €	232,56 €	64,58 €	50,60 €	-693,08 €
6	296,93 €	232,56 €	66,06 €	49,29 €	-643,79 €
7	298,41 €	232,56 €	67,54 €	48,00 €	-595,79 €
8	299,90 €	232,56 €	69,03 €	46,72 €	-549,06 €
9	301,40 €	232,56 €	70,53 €	45,47 €	-503,60 €
10	302,91 €	232,56 €	72,04 €	44,23 €	-459,37 €
11	304,42 €	232,56 €	73,56 €	43,01 €	-416,36 €
12	305,95 €	232,56 €	75,08 €	41,81 €	-374,56 €
13	307,48 €	232,56 €	76,61 €	40,63 €	-333,93 €
14	309,01 €	232,56 €	78,14 €	39,47 €	-294,46 €
15	310,56 €	232,56 €	79,69 €	38,33 €	-256,13 €
16	312,11 €	232,56 €	81,24 €	37,22 €	-218,91 €
17	313,67 €	232,56 €	82,80 €	36,13 €	-182,79 €
18	315,24 €	232,56 €	84,37 €	35,06 €	-147,73 €
19	316,82 €	232,56 €	85,95 €	34,01 €	-113,72 €
20	318,40 €	232,56 €	87,53 €	32,99 €	-80,73 €
21	319,99 €	232,56 €	89,12 €	31,99 €	-48,74 €
22	321,59 €	232,56 €	90,72 €	31,01 €	-17,72 €
23	323,20 €	232,56 €	92,33 €	30,06 €	12,34 €
24	324,82 €	232,56 €	93,95 €	29,13 €	41,47 €
25	326,44 €	232,56 €	95,57 €	28,22 €	81,49 €
Total	7 691,86 €	5 814,00 €	1 920,14 €	1 029,09 €	

Tabela B.5 - Resultados obtidos para o cenário 3 com o equipamento de autoconsumo de 200 W durante o período de 25 anos.

Ano	Fat. s/ UPAC	Fat. c/ UPAC	Poupança	G0	Valor Final
0	-	-	-	-	-959,40 €
1	289,61 €	232,56 €	58,74 €	55,95 €	-903,45 €
2	292,51 €	232,56 €	61,64 €	55,91 €	-847,54 €
3	295,43 €	232,56 €	64,57 €	55,77 €	-791,77 €
4	298,39 €	232,56 €	67,52 €	55,55 €	-736,22 €
5	301,37 €	232,56 €	70,50 €	55,24 €	-680,98 €
6	304,39 €	232,56 €	73,52 €	54,86 €	-626,12 €
7	307,43 €	232,56 €	76,56 €	54,41 €	-571,71 €
8	310,50 €	232,56 €	79,64 €	53,90 €	-517,81 €
9	313,61 €	232,56 €	82,74 €	53,34 €	-464,47 €
10	316,75 €	232,56 €	85,88 €	52,72 €	-411,75 €
11	319,91 €	232,56 €	89,04 €	52,06 €	-359,69 €
12	323,11 €	232,56 €	92,24 €	51,36 €	-308,33 €
13	326,34 €	232,56 €	95,47 €	50,63 €	-257,69 €
14	329,61 €	232,56 €	98,74 €	49,87 €	-207,82 €
15	332,90 €	232,56 €	102,03 €	49,08 €	-158,74 €
16	336,23 €	232,56 €	105,36 €	48,27 €	-110,48 €
17	339,59 €	232,56 €	108,73 €	47,44 €	-63,04 €
18	342,99 €	232,56 €	112,12 €	46,59 €	-16,45 €
19	346,42 €	232,56 €	115,55 €	45,73 €	29,28 €
20	349,88 €	232,56 €	119,02 €	44,86 €	74,13 €
21	353,38 €	232,56 €	122,51 €	43,98 €	118,11 €
22	356,92 €	232,56 €	126,05 €	43,09 €	161,20 €
23	360,49 €	232,56 €	129,62 €	42,20 €	203,40 €
24	364,09 €	232,56 €	133,22 €	41,31 €	244,70 €
25	367,73 €	232,56 €	136,86 €	40,42 €	296,92 €
Total	8 179,59 €	5 814,00 €	2 407,88 €	1 244,52 €	

Anexo C - Resultados para o Equipamento de Autoconsumo de 250 W

Tabela C.1 - Grandezas de energia anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 250 W.

	C [kWh]	AP [kWh]	AC [kWh]	CL [kWh]	IL [kWh]
Janeiro	128,49	21,41	19,33	109,16	2,08
Fevereiro	116,72	27,43	23,82	92,90	3,61
Março	126,52	39,27	31,53	94,99	7,73
Abril	122,27	40,45	34,95	87,33	5,50
Maio	135,41	44,95	38,08	97,32	6,86
Junho	131,87	45,14	37,99	93,87	7,15
Julho	133,32	47,39	38,97	94,36	8,42
Agosto	96,45	47,02	32,88	63,56	14,14
Setembro	109,06	41,44	30,90	78,17	10,54
Outubro	143,94	32,98	29,53	114,41	3,45
Novembro	138,54	23,37	21,41	117,13	1,96
Dezembro	158,35	20,03	18,21	140,14	1,82
Anual	1540,95	430,86	357,60	1183,35	73,27

Tabela C.2 - Grandezas de custo anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 250 W.

Mês	Fat. s/ UPA [€]	Fat. c/ UPAC [€]	Fat. IL [€]	Poupança [€]
Janeiro	24,15	20,52	0,08	3,71
Fevereiro	21,94	17,46	0,13	4,60
Março	23,78	17,85	0,24	6,17
Abril	22,98	16,41	0,17	6,74
Maio	25,45	18,29	0,27	7,43
Junho	24,78	17,64	0,31	7,45
Julho	25,06	17,73	0,37	7,70
Agosto	18,13	11,95	0,62	6,80
Setembro	20,50	14,69	0,50	6,31
Outubro	27,05	21,50	0,16	5,71
Novembro	26,04	22,01	0,08	4,10
Dezembro	29,76	26,34	0,08	3,50
Anual	289,61	222,40	3,01	70,22

Tabela C.3 - Resultados obtidos para o cenário 1 com o equipamento de autoconsumo de 250 W durante o período de 25 anos.

Ano	Fat. s/ UPAC	Fat. c/ UPAC	Poupança	G0	Valor Final
0	-	-	-	-	-977,11 €
1	289,61 €	222,40 €	70,22 €	66,87 €	-910,24 €
2	289,61 €	222,40 €	70,22 €	63,69 €	-846,55 €
3	289,61 €	222,40 €	70,22 €	60,66 €	-785,89 €
4	289,61 €	222,40 €	70,22 €	57,77 €	-728,12 €
5	289,61 €	222,40 €	70,22 €	55,02 €	-673,11 €
6	289,61 €	222,40 €	70,22 €	52,40 €	-620,71 €
7	289,61 €	222,40 €	70,22 €	49,90 €	-570,81 €
8	289,61 €	222,40 €	70,22 €	47,53 €	-523,28 €
9	289,61 €	222,40 €	70,22 €	45,26 €	-478,02 €
10	289,61 €	222,40 €	70,22 €	43,11 €	-434,91 €
11	289,61 €	222,40 €	70,22 €	41,05 €	-393,85 €
12	289,61 €	222,40 €	70,22 €	39,10 €	-354,75 €
13	289,61 €	222,40 €	70,22 €	37,24 €	-317,52 €
14	289,61 €	222,40 €	70,22 €	35,46 €	-282,05 €
15	289,61 €	222,40 €	70,22 €	33,78 €	-248,28 €
16	289,61 €	222,40 €	70,22 €	32,17 €	-216,11 €
17	289,61 €	222,40 €	70,22 €	30,64 €	-185,47 €
18	289,61 €	222,40 €	70,22 €	29,18 €	-156,30 €
19	289,61 €	222,40 €	70,22 €	27,79 €	-128,51 €
20	289,61 €	222,40 €	70,22 €	26,46 €	-102,04 €
21	289,61 €	222,40 €	70,22 €	25,20 €	-76,84 €
22	289,61 €	222,40 €	70,22 €	24,00 €	-52,84 €
23	289,61 €	222,40 €	70,22 €	22,86 €	-29,97 €
24	289,61 €	222,40 €	70,22 €	21,77 €	-8,20 €
25	289,61 €	222,40 €	70,22 €	20,74 €	24,56 €
Total	7240,32 €	5 560,11 €	1 755,44 €	989,65 €	

Tabela C.4 - Resultados obtidos para o cenário 2 com o equipamento de autoconsumo de 250 W durante o período de 25 anos.

Ano	Fat. s/ UPAC	Fat. c/ UPAC	Poupança	G0	Valor Final
0	-	-	-	-	-977,11 €
1	289,61 €	222,40 €	70,22 €	66,87 €	-910,24 €
2	291,06 €	222,40 €	71,67 €	65,00 €	-845,23 €
3	292,52 €	222,40 €	73,12 €	63,16 €	-782,07 €
4	293,98 €	222,40 €	74,58 €	61,36 €	-720,71 €
5	295,45 €	222,40 €	76,05 €	59,59 €	-661,12 €
6	296,93 €	222,40 €	77,53 €	57,85 €	-603,27 €
7	298,41 €	222,40 €	79,02 €	56,15 €	-547,11 €
8	299,90 €	222,40 €	80,51 €	54,49 €	-492,62 €
9	301,40 €	222,40 €	82,01 €	52,86 €	-439,76 €
10	302,91 €	222,40 €	83,51 €	51,27 €	-388,49 €
11	304,42 €	222,40 €	85,03 €	49,71 €	-338,77 €
12	305,95 €	222,40 €	86,55 €	48,19 €	-290,58 €
13	307,48 €	222,40 €	88,08 €	46,71 €	-243,87 €
14	309,01 €	222,40 €	89,62 €	45,26 €	-198,60 €
15	310,56 €	222,40 €	91,16 €	43,85 €	-154,75 €
16	312,11 €	222,40 €	92,72 €	42,47 €	-112,28 €
17	313,67 €	222,40 €	94,28 €	41,13 €	-71,15 €
18	315,24 €	222,40 €	95,84 €	39,83 €	-31,32 €
19	316,82 €	222,40 €	97,42 €	38,55 €	7,23 €
20	318,40 €	222,40 €	99,00 €	37,31 €	44,55 €
21	319,99 €	222,40 €	100,60 €	36,11 €	80,65 €
22	321,59 €	222,40 €	102,20 €	34,94 €	115,59 €
23	323,20 €	222,40 €	103,80 €	33,80 €	149,39 €
24	324,82 €	222,40 €	105,42 €	32,69 €	182,07 €
25	326,44 €	222,40 €	107,04 €	31,61 €	225,71 €
Total	7 691,86 €	5 560,11 €	2 206,98 €	1 190,80 €	

Tabela C.5 - Resultados obtidos para o cenário 3 com o equipamento de autoconsumo de 250 W durante o período de 25 anos.

Ano	Fat. s/ UPAC	Fat. c/ UPAC	Poupança	G0	Valor Final
0	-	-	-	-	-977,11 €
1	289,61 €	222,40 €	70,22 €	66,87 €	-910,24 €
2	292,51 €	222,40 €	73,11 €	66,32 €	-843,92 €
3	295,43 €	222,40 €	76,04 €	65,69 €	-778,24 €
4	298,39 €	222,40 €	78,99 €	64,99 €	-713,25 €
5	301,37 €	222,40 €	81,98 €	64,23 €	-649,02 €
6	304,39 €	222,40 €	84,99 €	63,42 €	-585,60 €
7	307,43 €	222,40 €	88,03 €	62,56 €	-523,03 €
8	310,50 €	222,40 €	91,11 €	61,67 €	-461,36 €
9	313,61 €	222,40 €	94,21 €	60,73 €	-400,63 €
10	316,75 €	222,40 €	97,35 €	59,76 €	-340,87 €
11	319,91 €	222,40 €	100,52 €	58,77 €	-282,10 €
12	323,11 €	222,40 €	103,72 €	57,75 €	-224,34 €
13	326,34 €	222,40 €	106,95 €	56,72 €	-167,63 €
14	329,61 €	222,40 €	110,21 €	55,66 €	-111,96 €
15	332,90 €	222,40 €	113,51 €	54,60 €	-57,36 €
16	336,23 €	222,40 €	116,84 €	53,52 €	-3,84 €
17	339,59 €	222,40 €	120,20 €	52,44 €	48,60 €
18	342,99 €	222,40 €	123,59 €	51,36 €	99,96 €
19	346,42 €	222,40 €	127,02 €	50,27 €	150,23 €
20	349,88 €	222,40 €	130,49 €	49,18 €	199,41 €
21	353,38 €	222,40 €	133,99 €	48,09 €	247,50 €
22	356,92 €	222,40 €	137,52 €	47,01 €	294,51 €
23	360,49 €	222,40 €	141,09 €	45,94 €	340,45 €
24	364,09 €	222,40 €	144,70 €	44,87 €	385,31 €
25	367,73 €	222,40 €	148,34 €	43,80 €	441,14 €
Total	8 179,59 €	5 560,11 €	2 694,72 €	1 406,23 €	

Anexo D - Resultados para o Equipamento de Autoconsumo de 500 W

Tabela D.1 - Grandezas de energia anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 500 W.

	C [kWh]	AP [kWh]	AC [kWh]	CL [kWh]	IL [kWh]
Janeiro	128,49	42,83	30,53	97,96	12,30
Fevereiro	116,72	54,85	36,78	79,93	18,07
Março	126,52	78,53	44,05	82,47	34,48
Abril	122,27	80,90	51,91	70,36	28,99
Maio	135,41	89,90	54,36	81,04	35,53
Junho	131,87	90,28	54,03	77,84	36,26
Julho	133,32	94,77	54,42	78,91	40,36
Agosto	96,45	94,03	40,06	56,39	53,98
Setembro	109,06	82,88	39,74	69,32	43,13
Outubro	143,94	65,95	44,78	99,16	21,17
Novembro	138,54	46,74	35,39	103,15	11,35
Dezembro	158,35	40,06	30,06	128,29	10,00
Anual	1540,95	861,73	516,12	1024,83	345,60

Tabela D.2 - Grandezas de custo anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 500 W.

Mês	Fat. s/ UPAC (€)	Fat. c/ UPAC (€)	Fat. IL (€)	Poupança (€)
Janeiro	24,15	18,41	0,47	6,20
Fevereiro	21,94	15,02	0,63	7,54
Março	23,78	15,50	1,08	9,36
Abril	22,98	13,22	0,89	10,65
Maio	25,45	15,23	1,39	11,61
Junho	24,78	14,63	1,55	11,71
Julho	25,06	14,83	1,78	12,01
Agosto	18,13	10,60	2,38	9,91
Setembro	20,50	13,03	2,06	9,53
Outubro	27,05	18,64	0,98	9,39
Novembro	26,04	19,39	0,45	7,11
Dezembro	29,76	24,11	0,45	6,10
Anual	289,61	192,61	14,12	111,12

Tabela D.3 - Resultados obtidos para o cenário 1 com o equipamento de autoconsumo de 500 W durante o período de 25 anos.

Ano	Fat. s/ UPAC	Fat. c/ UPAC	Poupança	G0	Valor Final
0	-	-	-	-	-1 645,74 €
1	289,61 €	192,61 €	111,12 €	105,83 €	-1 539,91 €
2	289,61 €	192,61 €	111,12 €	100,79 €	-1 439,13 €
3	289,61 €	192,61 €	111,12 €	95,99 €	-1 343,14 €
4	289,61 €	192,61 €	111,12 €	91,42 €	-1 251,72 €
5	289,61 €	192,61 €	111,12 €	87,06 €	-1 164,66 €
6	289,61 €	192,61 €	111,12 €	82,92 €	-1 081,74 €
7	289,61 €	192,61 €	111,12 €	78,97 €	-1 002,77 €
8	289,61 €	192,61 €	111,12 €	75,21 €	-927,56 €
9	289,61 €	192,61 €	111,12 €	71,63 €	-855,94 €
10	289,61 €	192,61 €	111,12 €	68,22 €	-787,72 €
11	289,61 €	192,61 €	111,12 €	64,97 €	-722,75 €
12	289,61 €	192,61 €	111,12 €	61,87 €	-660,88 €
13	289,61 €	192,61 €	111,12 €	58,93 €	-601,95 €
14	289,61 €	192,61 €	111,12 €	56,12 €	-545,83 €
15	289,61 €	192,61 €	111,12 €	53,45 €	-492,38 €
16	289,61 €	192,61 €	111,12 €	50,90 €	-441,47 €
17	289,61 €	192,61 €	111,12 €	48,48 €	-392,99 €
18	289,61 €	192,61 €	111,12 €	46,17 €	-346,82 €
19	289,61 €	192,61 €	111,12 €	43,97 €	-302,85 €
20	289,61 €	192,61 €	111,12 €	41,88 €	-260,97 €
21	289,61 €	192,61 €	111,12 €	39,88 €	-221,09 €
22	289,61 €	192,61 €	111,12 €	37,99 €	-183,10 €
23	289,61 €	192,61 €	111,12 €	36,18 €	-146,92 €
24	289,61 €	192,61 €	111,12 €	34,45 €	-112,47 €
25	289,61 €	192,61 €	111,12 €	32,81 €	-59,41 €
Total	7240,32 €	4 815,26 €	2 777,94 €	1 566,08 €	

Tabela D.4 - Resultados obtidos para o cenário 2 com o equipamento de autoconsumo de 500 W durante o período de 25 anos.

Ano	Fat. s/ UPAC	Fat. c/ UPAC	Poupança	G0	Valor Final
0	-	-	-	-	-1 645,74 €
1	289,61 €	192,61 €	111,12 €	105,83 €	-1 539,91 €
2	291,06 €	192,61 €	112,57 €	102,10 €	-1 437,81 €
3	292,52 €	192,61 €	114,02 €	98,50 €	-1 339,32 €
4	293,98 €	192,61 €	115,48 €	95,01 €	-1 244,31 €
5	295,45 €	192,61 €	116,95 €	91,64 €	-1 152,67 €
6	296,93 €	192,61 €	118,43 €	88,37 €	-1 064,30 €
7	298,41 €	192,61 €	119,92 €	85,22 €	-979,08 €
8	299,90 €	192,61 €	121,41 €	82,17 €	-896,90 €
9	301,40 €	192,61 €	122,91 €	79,23 €	-817,68 €
10	302,91 €	192,61 €	124,41 €	76,38 €	-741,30 €
11	304,42 €	192,61 €	125,93 €	73,63 €	-667,67 €
12	305,95 €	192,61 €	127,45 €	70,97 €	-596,70 €
13	307,48 €	192,61 €	128,98 €	68,40 €	-528,30 €
14	309,01 €	192,61 €	130,52 €	65,92 €	-462,38 €
15	310,56 €	192,61 €	132,06 €	63,52 €	-398,86 €
16	312,11 €	192,61 €	133,62 €	61,21 €	-337,64 €
17	313,67 €	192,61 €	135,18 €	58,98 €	-278,67 €
18	315,24 €	192,61 €	136,74 €	56,82 €	-221,85 €
19	316,82 €	192,61 €	138,32 €	54,74 €	-167,11 €
20	318,40 €	192,61 €	139,90 €	52,73 €	-114,38 €
21	319,99 €	192,61 €	141,50 €	50,79 €	-63,59 €
22	321,59 €	192,61 €	143,10 €	48,92 €	-14,67 €
23	323,20 €	192,61 €	144,70 €	47,11 €	32,44 €
24	324,82 €	192,61 €	146,32 €	45,37 €	77,81 €
25	326,44 €	192,61 €	147,94 €	43,69 €	141,75 €
Total	7 691,86 €	4 815,26 €	3 229,48 €	1 767,24 €	

Tabela D.5 - Resultados obtidos para o cenário 3 com o equipamento de autoconsumo de 500 W durante o período de 25 anos.

Ano	Fat. s/ UPAC	Fat. c/ UPAC	Poupança	G0	Valor Final
0	-	-	-	-	-1 645,74 €
1	289,61 €	192,61 €	111,12 €	105,83 €	-1 539,91 €
2	292,51 €	192,61 €	114,01 €	103,41 €	-1 436,50 €
3	295,43 €	192,61 €	116,94 €	101,02 €	-1 335,48 €
4	298,39 €	192,61 €	119,89 €	98,64 €	-1 236,85 €
5	301,37 €	192,61 €	122,88 €	96,28 €	-1 140,57 €
6	304,39 €	192,61 €	125,89 €	93,94 €	-1 046,63 €
7	307,43 €	192,61 €	128,93 €	91,63 €	-955,00 €
8	310,50 €	192,61 €	132,01 €	89,35 €	-865,65 €
9	313,61 €	192,61 €	135,11 €	87,10 €	-778,55 €
10	316,75 €	192,61 €	138,25 €	84,87 €	-693,68 €
11	319,91 €	192,61 €	141,42 €	82,68 €	-611,00 €
12	323,11 €	192,61 €	144,62 €	80,53 €	-530,47 €
13	326,34 €	192,61 €	147,85 €	78,41 €	-452,06 €
14	329,61 €	192,61 €	151,11 €	76,32 €	-375,74 €
15	332,90 €	192,61 €	154,41 €	74,27 €	-301,47 €
16	336,23 €	192,61 €	157,74 €	72,26 €	-229,21 €
17	339,59 €	192,61 €	161,10 €	70,29 €	-158,92 €
18	342,99 €	192,61 €	164,49 €	68,35 €	-90,57 €
19	346,42 €	192,61 €	167,92 €	66,45 €	-24,12 €
20	349,88 €	192,61 €	171,39 €	64,59 €	40,48 €
21	353,38 €	192,61 €	174,89 €	62,77 €	103,25 €
22	356,92 €	192,61 €	178,42 €	60,99 €	164,25 €
23	360,49 €	192,61 €	181,99 €	59,25 €	223,50 €
24	364,09 €	192,61 €	185,60 €	57,55 €	281,05 €
25	367,73 €	192,61 €	189,24 €	55,88 €	357,18 €
Total	8 179,59 €	4 815,26 €	3 717,21 €	1 982,67 €	

Anexo E - Resultados para o Equipamento de Autoconsumo de 750 W

Tabela E.1 - Grandezas de energia anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 750 W.

	C [kWh]	AP [kWh]	AC [kWh]	CL [kWh]	IL [kWh]
Janeiro	128,49	64,24	36,27	92,23	27,97
Fevereiro	116,72	82,28	42,60	74,12	39,68
Março	126,52	117,80	49,66	76,86	68,14
Abril	122,27	121,35	58,69	63,59	62,67
Maio	135,41	134,85	61,59	73,82	73,26
Junho	131,87	135,42	61,25	70,62	74,17
Julho	133,32	142,16	61,33	72,00	80,83
Agosto	96,45	141,05	42,89	53,56	98,16
Setembro	109,06	124,31	43,54	65,52	80,77
Outubro	143,94	98,93	51,63	92,31	47,29
Novembro	138,54	70,12	42,40	96,14	27,71
Dezembro	158,35	60,08	36,36	121,99	23,72
Anual	1540,95	1292,59	588,20	952,75	704,39

Tabela E.2 - Grandezas de custo anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 750 W.

Mês	Fat. s/ UPAC (€)	Fat. c/ UPAC (€)	Fat. IL (€)	Poupança (€)
Janeiro	24,15	17,33	1,06	7,88
Fevereiro	21,94	13,93	1,38	9,39
Março	23,78	14,45	2,13	11,47
Abril	22,98	11,95	1,93	12,96
Maio	25,45	13,87	2,87	14,45
Junho	24,78	13,27	3,18	14,69
Julho	25,06	13,53	3,57	15,09
Agosto	18,13	10,07	4,34	12,40
Setembro	20,50	12,31	3,85	12,04
Outubro	27,05	17,35	2,18	11,89
Novembro	26,04	18,07	1,11	9,08
Dezembro	29,76	22,93	1,06	7,89
Anual	289,61	179,06	28,66	139,21

Tabela E.3 - Resultados obtidos para o cenário 1 com o equipamento de autoconsumo de 750 W durante o período de 25 anos.

Ano	Fat. s/ UPAC	Fat. c/ UPAC	Poupança	G0	Valor Final
0	-	-	-	-	-2 314,07 €
1	289,61 €	179,06 €	139,21 €	132,58 €	-2 181,49 €
2	289,61 €	179,06 €	139,21 €	126,27 €	-2 055,22 €
3	289,61 €	179,06 €	139,21 €	120,26 €	-1 934,96 €
4	289,61 €	179,06 €	139,21 €	114,53 €	-1 820,43 €
5	289,61 €	179,06 €	139,21 €	109,08 €	-1 711,35 €
6	289,61 €	179,06 €	139,21 €	103,88 €	-1 607,47 €
7	289,61 €	179,06 €	139,21 €	98,94 €	-1 508,53 €
8	289,61 €	179,06 €	139,21 €	94,23 €	-1 414,30 €
9	289,61 €	179,06 €	139,21 €	89,74 €	-1 324,56 €
10	289,61 €	179,06 €	139,21 €	85,47 €	-1 239,10 €
11	289,61 €	179,06 €	139,21 €	81,40 €	-1 157,70 €
12	289,61 €	179,06 €	139,21 €	77,52 €	-1 080,18 €
13	289,61 €	179,06 €	139,21 €	73,83 €	-1 006,36 €
14	289,61 €	179,06 €	139,21 €	70,31 €	-936,04 €
15	289,61 €	179,06 €	139,21 €	66,96 €	-869,08 €
16	289,61 €	179,06 €	139,21 €	63,78 €	-805,30 €
17	289,61 €	179,06 €	139,21 €	60,74 €	-744,56 €
18	289,61 €	179,06 €	139,21 €	57,85 €	-686,72 €
19	289,61 €	179,06 €	139,21 €	55,09 €	-631,63 €
20	289,61 €	179,06 €	139,21 €	52,47 €	-579,16 €
21	289,61 €	179,06 €	139,21 €	49,97 €	-529,19 €
22	289,61 €	179,06 €	139,21 €	47,59 €	-481,60 €
23	289,61 €	179,06 €	139,21 €	45,32 €	-436,27 €
24	289,61 €	179,06 €	139,21 €	43,17 €	-393,11 €
25	289,61 €	179,06 €	139,21 €	41,11 €	-323,52 €
Total	7 240,32 €	4 476,58 €	3 480,35 €	1 962,08 €	

Tabela E.4 - Resultados obtidos para o cenário 2 com o equipamento de autoconsumo de 750 W durante o período de 25 anos.

Ano	Fat. s/ UPAC	Fat. c/ UPAC	Poupança	G0	Valor Final
0	-	-	-	-	-2 314,07 €
1	289,61 €	179,06 €	139,21 €	132,58 €	-2 181,49 €
2	291,06 €	179,06 €	140,66 €	127,58 €	-2 053,90 €
3	292,52 €	179,06 €	142,12 €	122,77 €	-1 931,14 €
4	293,98 €	179,06 €	143,58 €	118,12 €	-1 813,01 €
5	295,45 €	179,06 €	145,05 €	113,65 €	-1 699,36 €
6	296,93 €	179,06 €	146,53 €	109,34 €	-1 590,02 €
7	298,41 €	179,06 €	148,01 €	105,19 €	-1 484,83 €
8	299,90 €	179,06 €	149,50 €	101,19 €	-1 383,64 €
9	301,40 €	179,06 €	151,00 €	97,34 €	-1 286,30 €
10	302,91 €	179,06 €	152,51 €	93,63 €	-1 192,68 €
11	304,42 €	179,06 €	154,02 €	90,06 €	-1 102,62 €
12	305,95 €	179,06 €	155,55 €	86,61 €	-1 016,01 €
13	307,48 €	179,06 €	157,08 €	83,30 €	-932,71 €
14	309,01 €	179,06 €	158,61 €	80,11 €	-852,59 €
15	310,56 €	179,06 €	160,16 €	77,04 €	-775,56 €
16	312,11 €	179,06 €	161,71 €	74,08 €	-701,47 €
17	313,67 €	179,06 €	163,27 €	71,24 €	-630,24 €
18	315,24 €	179,06 €	164,84 €	68,49 €	-561,74 €
19	316,82 €	179,06 €	166,42 €	65,86 €	-495,89 €
20	318,40 €	179,06 €	168,00 €	63,32 €	-432,57 €
21	319,99 €	179,06 €	169,59 €	60,87 €	-371,69 €
22	321,59 €	179,06 €	171,19 €	58,52 €	-313,17 €
23	323,20 €	179,06 €	172,80 €	56,26 €	-256,91 €
24	324,82 €	179,06 €	174,42 €	54,08 €	-202,83 €
25	326,44 €	179,06 €	176,04 €	51,99 €	-122,37 €
Total	7 691,86 €	4 476,58 €	3 931,89 €	2 163,23 €	

Tabela E.5 - Resultados obtidos para o cenário 3 com o equipamento de autoconsumo de 750 W durante o período de 25 anos.

Ano	Fat. s/ UPAC	Fat. c/ UPAC	Poupança	G0	Valor Final
0	-	-	-	-	-2 314,07 €
1	289,61 €	179,06 €	139,21 €	132,58 €	-2 181,49 €
2	292,51 €	179,06 €	142,11 €	128,90 €	-2 052,59 €
3	295,43 €	179,06 €	145,04 €	125,29 €	-1 927,30 €
4	298,39 €	179,06 €	147,99 €	121,75 €	-1 805,55 €
5	301,37 €	179,06 €	150,97 €	118,29 €	-1 687,26 €
6	304,39 €	179,06 €	153,99 €	114,91 €	-1 572,35 €
7	307,43 €	179,06 €	157,03 €	111,60 €	-1 460,75 €
8	310,50 €	179,06 €	160,11 €	108,37 €	-1 352,39 €
9	313,61 €	179,06 €	163,21 €	105,21 €	-1 247,18 €
10	316,75 €	179,06 €	166,35 €	102,12 €	-1 145,06 €
11	319,91 €	179,06 €	169,51 €	99,11 €	-1 045,95 €
12	323,11 €	179,06 €	172,71 €	96,17 €	-949,77 €
13	326,34 €	179,06 €	175,94 €	93,31 €	-856,47 €
14	329,61 €	179,06 €	179,21 €	90,51 €	-765,95 €
15	332,90 €	179,06 €	182,50 €	87,79 €	-678,17 €
16	336,23 €	179,06 €	185,83 €	85,13 €	-593,04 €
17	339,59 €	179,06 €	189,20 €	82,55 €	-510,49 €
18	342,99 €	179,06 €	192,59 €	80,03 €	-430,46 €
19	346,42 €	179,06 €	196,02 €	77,57 €	-352,89 €
20	349,88 €	179,06 €	199,49 €	75,18 €	-277,71 €
21	353,38 €	179,06 €	202,98 €	72,86 €	-204,85 €
22	356,92 €	179,06 €	206,52 €	70,60 €	-134,25 €
23	360,49 €	179,06 €	210,09 €	68,40 €	-65,85 €
24	364,09 €	179,06 €	213,69 €	66,26 €	0,41 €
25	367,73 €	179,06 €	217,33 €	64,18 €	93,06 €
Total	8 179,59 €	4 476,58 €	4 419,62 €	2 378,66 €	

Anexo F - Resultados para o Equipamento de Autoconsumo de 1500 W

Tabela F.1 - Grandezas de energia anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 1500 W.

	C [kWh]	AP [kWh]	AC [kWh]	CL [kWh]	IL [kWh]
Janeiro	128,49	128,49	44,33	84,16	84,16
Fevereiro	116,72	164,55	50,09	66,63	114,46
Março	126,52	235,59	57,54	68,99	178,06
Abril	122,27	242,71	66,62	55,65	176,09
Maio	135,41	269,69	70,57	64,84	199,12
Junho	131,87	270,85	70,25	61,61	200,59
Julho	133,32	284,32	69,87	63,45	214,45
Agosto	96,45	282,10	47,12	49,32	234,98
Setembro	109,06	248,63	48,61	60,45	200,02
Outubro	143,94	197,85	61,22	82,72	136,64
Novembro	138,54	140,23	51,20	87,35	89,04
Dezembro	158,35	120,17	44,32	114,02	75,84
Anual	1540,95	2585,18	681,75	859,20	1903,43

Tabela F.2 - Grandezas de custo anuais para uma instalação de consumo BTN simples de 3,45 kVA com um equipamento de autoconsumo de 1500 W.

Mês	Fat. s/ UPAC (€)	Fat. c/ UPAC (€)	Fat. IL (€)	Poupança (€)
Janeiro	24,15	15,82	3,19	11,52
Fevereiro	21,94	12,52	3,99	13,41
Março	23,78	12,97	5,58	16,39
Abril	22,98	10,46	5,41	17,93
Maio	25,45	12,19	7,81	21,08
Junho	24,78	11,58	8,59	21,79
Julho	25,06	11,93	9,46	22,60
Agosto	18,13	9,27	10,38	19,24
Setembro	20,50	11,36	9,54	18,68
Outubro	27,05	15,55	6,31	17,81
Novembro	26,04	16,42	3,56	13,18
Dezembro	29,76	21,43	3,39	11,72
Anual	289,61	161,48	77,22	205,35

Tabela F.3 - Resultados obtidos para o cenário 1 com o equipamento de autoconsumo de 1500 W durante o período de 25 anos.

Ano	Fat. s/ UPAC	Fat. c/ UPAC	Poupança	G0	Valor Final
0	-	-	-	-	-3 356,42 €
1	289,61 €	161,48 €	205,35 €	195,57 €	-3 160,85 €
2	289,61 €	161,48 €	205,35 €	186,26 €	-2 974,59 €
3	289,61 €	161,48 €	205,35 €	177,39 €	-2 797,20 €
4	289,61 €	161,48 €	205,35 €	168,94 €	-2 628,26 €
5	289,61 €	161,48 €	205,35 €	160,90 €	-2 467,36 €
6	289,61 €	161,48 €	205,35 €	153,24 €	-2 314,13 €
7	289,61 €	161,48 €	205,35 €	145,94 €	-2 168,19 €
8	289,61 €	161,48 €	205,35 €	138,99 €	-2 029,20 €
9	289,61 €	161,48 €	205,35 €	132,37 €	-1 896,83 €
10	289,61 €	161,48 €	205,35 €	126,07 €	-1 770,76 €
11	289,61 €	161,48 €	205,35 €	120,06 €	-1 650,69 €
12	289,61 €	161,48 €	205,35 €	114,35 €	-1 536,35 €
13	289,61 €	161,48 €	205,35 €	108,90 €	-1 427,44 €
14	289,61 €	161,48 €	205,35 €	103,72 €	-1 323,73 €
15	289,61 €	161,48 €	205,35 €	98,78 €	-1 224,95 €
16	289,61 €	161,48 €	205,35 €	94,07 €	-1 130,88 €
17	289,61 €	161,48 €	205,35 €	89,59 €	-1 041,28 €
18	289,61 €	161,48 €	205,35 €	85,33 €	-955,96 €
19	289,61 €	161,48 €	205,35 €	81,26 €	-874,69 €
20	289,61 €	161,48 €	205,35 €	77,39 €	-797,30 €
21	289,61 €	161,48 €	205,35 €	73,71 €	-723,59 €
22	289,61 €	161,48 €	205,35 €	70,20 €	-653,39 €
23	289,61 €	161,48 €	205,35 €	66,86 €	-586,53 €
24	289,61 €	161,48 €	205,35 €	63,67 €	-522,86 €
25	289,61 €	161,48 €	205,35 €	60,64 €	-420,92 €
Total	7 240,32 €	4 037,05 €	5 133,77 €	2 894,20 €	

Tabela F.4 - Resultados obtidos para o cenário 2 com o equipamento de autoconsumo de 1500 W durante o período de 25 anos.

Ano	Fat. s/ UPAC	Fat. c/ UPAC	Poupança	G0	Valor Final
0	-	-	-	-	-3 356,42 €
1	289,61 €	161,48 €	205,35 €	195,57 €	-3 160,85 €
2	291,06 €	161,48 €	206,80 €	187,57 €	-2 973,28 €
3	292,52 €	161,48 €	208,25 €	179,90 €	-2 793,38 €
4	293,98 €	161,48 €	209,72 €	172,53 €	-2 620,85 €
5	295,45 €	161,48 €	211,19 €	165,47 €	-2 455,38 €
6	296,93 €	161,48 €	212,66 €	158,69 €	-2 296,68 €
7	298,41 €	161,48 €	214,15 €	152,19 €	-2 144,49 €
8	299,90 €	161,48 €	215,64 €	145,95 €	-1 998,54 €
9	301,40 €	161,48 €	217,14 €	139,97 €	-1 858,57 €
10	302,91 €	161,48 €	218,65 €	134,23 €	-1 724,34 €
11	304,42 €	161,48 €	220,16 €	128,72 €	-1 595,61 €
12	305,95 €	161,48 €	221,68 €	123,44 €	-1 472,17 €
13	307,48 €	161,48 €	223,21 €	118,37 €	-1 353,80 €
14	309,01 €	161,48 €	224,75 €	113,51 €	-1 240,28 €
15	310,56 €	161,48 €	226,30 €	108,85 €	-1 131,43 €
16	312,11 €	161,48 €	227,85 €	104,38 €	-1 027,05 €
17	313,67 €	161,48 €	229,41 €	100,09 €	-926,96 €
18	315,24 €	161,48 €	230,98 €	95,98 €	-830,98 €
19	316,82 €	161,48 €	232,55 €	92,03 €	-738,95 €
20	318,40 €	161,48 €	234,14 €	88,24 €	-650,71 €
21	319,99 €	161,48 €	235,73 €	84,61 €	-566,09 €
22	321,59 €	161,48 €	237,33 €	81,13 €	-484,96 €
23	323,20 €	161,48 €	238,94 €	77,79 €	-407,17 €
24	324,82 €	161,48 €	240,55 €	74,59 €	-332,58 €
25	326,44 €	161,48 €	242,18 €	71,52 €	-219,77 €
Total	7 691,86 €	4 037,05 €	5 585,31 €	3 095,36 €	

Tabela F.5 - Resultados obtidos para o cenário 3 com o equipamento de autoconsumo de 1500 W durante o período de 25 anos.

Ano	Fat. s/ UPAC	Fat. c/ UPAC	Poupança	G0	Valor Final
0	-	-	-	-	-3 356,42 €
1	289,61 €	161,48 €	205,35 €	195,57 €	-3 160,85 €
2	292,51 €	161,48 €	208,25 €	188,89 €	-2 971,97 €
3	295,43 €	161,48 €	211,17 €	182,42 €	-2 789,55 €
4	298,39 €	161,48 €	214,13 €	176,16 €	-2 613,38 €
5	301,37 €	161,48 €	217,11 €	170,11 €	-2 443,27 €
6	304,39 €	161,48 €	220,12 €	164,26 €	-2 279,01 €
7	307,43 €	161,48 €	223,17 €	158,60 €	-2 120,41 €
8	310,50 €	161,48 €	226,24 €	153,13 €	-1 967,28 €
9	313,61 €	161,48 €	229,35 €	147,84 €	-1 819,44 €
10	316,75 €	161,48 €	232,48 €	142,72 €	-1 676,72 €
11	319,91 €	161,48 €	235,65 €	137,78 €	-1 538,94 €
12	323,11 €	161,48 €	238,85 €	133,00 €	-1 405,94 €
13	326,34 €	161,48 €	242,08 €	128,38 €	-1 277,56 €
14	329,61 €	161,48 €	245,34 €	123,92 €	-1 153,64 €
15	332,90 €	161,48 €	248,64 €	119,60 €	-1 034,04 €
16	336,23 €	161,48 €	251,97 €	115,43 €	-918,61 €
17	339,59 €	161,48 €	255,33 €	111,40 €	-807,21 €
18	342,99 €	161,48 €	258,73 €	107,51 €	-699,70 €
19	346,42 €	161,48 €	262,16 €	103,74 €	-595,96 €
20	349,88 €	161,48 €	265,62 €	100,11 €	-495,85 €
21	353,38 €	161,48 €	269,12 €	96,60 €	-399,25 €
22	356,92 €	161,48 €	272,65 €	93,21 €	-306,04 €
23	360,49 €	161,48 €	276,22 €	89,93 €	-216,11 €
24	364,09 €	161,48 €	279,83 €	86,77 €	-129,35 €
25	367,73 €	161,48 €	283,47 €	83,71 €	-4,34 €
Total	8 179,59 €	4 037,05 €	6 073,05 €	3 310,79 €	