



Pedro Câmara Costa

**Auditorias Energéticas de acordo com o
DL 34/2011 no âmbito da instalação de sistemas de
minigeração solar fotovoltaica (Projeto em Colaboração
com a empresa SINERGIAE)**

Janeiro de 2013



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Universidade de Coimbra

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

**Auditorias Energéticas de acordo com o DL 34/2011 no
âmbito da instalação de sistemas de minigeração solar
fotovoltaica (Projeto em Colaboração com a empresa
SINERGIAE)**

Pedro Câmara Costa

Júri:

Presidente: Professor Doutor António Manuel de Oliveira Gomes Martins

Orientador: Professor Doutor Aníbal Traça Carvalho de Almeida

Co-Orientadores: Eng. Paula Cristina Silva da Fonseca Marques

Eng. Nuno Augusto Oliveira Quaresma

Vogal: Professor Doutor Pedro Manuel Gens Azevedo de Matos Faia

Coimbra, Janeiro de 2013

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer à minha família, em especial aos meus pais, pelo apoio, incentivo, e esforço que fizeram ao longo destes anos, porque sem eles tudo isto não seria possível.

Agradeço também à minha namorada, Raquel, por todo o apoio incondicional, companheirismo, amor, e paciência.

Queria agradecer também ao meu orientador, Professor Doutor Aníbal Traça Carvalho de Almeida e à Engenheira Paula Fonseca, pela orientação, apoio e inteira disponibilidade.

Queria da mesma forma agradecer aos Engenheiros Nuno Quaresma e Ricardo Lima, assim como todos os funcionários da SINERGIAE, pela amabilidade, disponibilidade e apoio prestado, ao longo do trabalho.

Queria também agradecer à minha prima, pelo grande apoio, incentivo e disponibilidade nesta reta final.

Por fim agradeço a todos os meus amigos e colegas de curso que durante todos estes anos me acompanharam nos bons e maus momentos, que para sempre ficarão guardados na memória.

Resumo

Atualmente, a discussão de temas como a crise económica mundial, o aquecimento global, o preço e o esgotamento dos combustíveis fósseis, contribuem para a construção de um futuro sustentado pela utilização de energias renováveis, cujos impactos ambientais são nulos.

Das diferentes fontes de energia renovável, a energia solar é a mais promissora uma vez que aproveita a energia gerada pelo Sol, tanto como fonte de calor ou de luz. A conversão da energia solar em energia elétrica é feita através de sistemas fotovoltaicos.

Na União Europeia, Portugal é um dos países com maior potencial de aproveitamento de energia solar, a seguir à Grécia e à Espanha. Sendo assim, o desenvolvimento do setor fotovoltaico será importante, na medida em que contribui para o desenvolvimento da economia e na redução da dependência energética nacional.

Desta forma, foram criadas estratégias necessárias para o seu crescimento. Entre elas, está a criação do DL n.º34/2011, que define as normas necessárias à instalação de sistemas de minigeração fotovoltaica.

O trabalho realizado no âmbito desta dissertação consiste na realização de auditorias energéticas segundo o Decreto de Lei 34/2011, de 8 de março, com vista à instalação de sistemas de minigeração, baseados na energia solar fotovoltaica. Através destas auditorias, pretendeu-se identificar as oportunidades de racionalização de consumo, que contribuem para uma melhoria significativa dos consumos energéticos, e identificar algumas condicionantes técnicas e legislativas à instalação dos sistemas fotovoltaicos.

Palavras-Chave: energia solar, sistemas fotovoltaicos, minigeração, auditoria energética, oportunidades de racionalização de consumos.

Abstract

Nowadays, the discussion of topics such as the global economic crisis, global warming, the price and the depletion of fossil fuels, contribute to building a sustainable future based on renewable energy, with no environmental impacts.

From the different sources of renewable energy, solar energy is the most promising, since this energy generated by the Sun, can be used as a source of heat or light. The conversion of solar energy into electrical energy is through photovoltaic systems.

In the European Union, Portugal is one of the countries with a great potential for harnessing solar energy, behind Greece and Spain. Thus, the development of the photovoltaic industry will be important, as it contributes to the development of the economy and reduction of national energy dependence.

Thus, some necessary strategies were created for their growth. Among them is the creation of Decree-Law 34/2011, which defines the rules for the installation of minigeneration photovoltaic systems.

The work done in this dissertation consists of performing energy audits under Decree Law 34/2011, of March 8, with a view to installing minigeneration systems, based on photovoltaic solar energy. The main objective of these audits was to identify opportunities for rationalization of consumption, contributing to a significant improvement in energy consumption, and identifying some technical and legislative constraints to the installation of PV systems.

Keywords: solar energy, photovoltaic systems, minigeneration, energy audit, opportunities for rationalization of consumption.

Índice

Lista de Símbolos	ii
Siglas e Abreviaturas.....	ii
Índice de Figuras	iii
Índice de Gráficos	iii
Índice de Tabelas.....	iii
Introdução.....	1
1. Sistemas Fotovoltaicos.....	2
1.1 Módulos ou painéis fotovoltaicos.....	3
1.2 Tipos de sistemas fotovoltaicos	6
1.3 Componentes de um sistema fotovoltaico	8
2. Barreiras ao desenvolvimento do setor em Portugal.....	9
3. Situação Portuguesa	13
3.1 Enquadramento.....	13
3.2 Legislação sobre a Miniprodução em Portugal	14
4. Projeto em Colaboração com a empresa SINERGIAE.....	20
4.1 Instalação 1	21
4.1.1 Caracterização da Instalação.....	21
4.1.2 Caracterização de consumos e custos de energia.....	22
4.1.3 Análise dos principais Consumos de Energia.....	24
4.2 Instalação 2	31
4.2.1 Caracterização da Instalação em Estudo.....	31
4.2.2 Caracterização de consumos e custos de energia.....	33
4.2.3 Análise dos principais Consumos de Energia.....	34
Conclusões	42
Referências	45
ANEXOS.....	47

Lista de Símbolos

Kgoe – Kilogramme Oil Equivalent (Kilograma Equivalente de Petróleo)

kVarh – Kilovolt-Ampere Reativo Hora

kW – Kilowatt

kWh – Kilowatt Hora

Siglas e Abreviaturas

AC – *Alternating Current* – Corrente Alternada

APREN – Associação Portuguesa de Energias Renováveis

BTU – *British Thermal Unit* - Unidade Térmica Britânica

CFL – Lâmpadas Fluorescentes Compacta

DC – *Direct Current* – Corrente Contínua

DGEG – Direção-Geral de Energia e Geologia

ENE 2020 - Estratégia Nacional para a Energia até 2020

InCI – Instituto da Construção e Imobiliário

IVA – Imposto sobre o Valor Acrescentado

MT – Média Tensão

NREL – *National Renewable Energy Laboratory*

ORC – Oportunidades de Racionalização de Consumos

PIB – Produto Interno Bruto

PT – Posto de transformação

QAI – Qualidade de Ar Interior

Quercus – Associação Nacional de Conservação da Natureza

RESP – Rede Elétrica de Serviço Público

RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SRMini – Sistema de Registo de Miniprodução

Índice de Figuras

Figura 1 - Constituição módulo ou painel fotovoltaico.....	3
Figura 2 - Tipos de células fotovoltaicas	5
Figura 3 – Tipos de sistemas	7
Figura 4 - Produção de eletricidade por fonte em Portugal Continental em 2012.....	10
Figura 5 - Vista superior da instalação 1	22
Figura 6 - Vista superior da instalação 2.....	32

Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Desagregação dos consumos mensais de energia elétrica por períodos horários	23
Gráfico 2 - Diagrama Semanal de Carga instalação 1	26
Gráfico 3 - Desagregação Semanal da Energia Ativa	27
Gráfico 4 - Percentagem de cada tipo de unidade	28
Gráfico 5 – Percentagem de cada tipo de luminária.....	29
Gráfico 6 - Desagregação do Consumo de Energia Elétrica por Sector	29
Gráfico 7 - Evolução mensal dos consumos de energia elétrica	33
Gráfico 8- Diagrama Semanal do QP1 – Armazéns e Fábrica Nova	36
Gráfico 9 - Diagrama Carga do QP2 – Fábrica Antiga e Edifício Administrativo	37
Gráfico 10 - Desagregação Semanal da Energia Ativa por períodos horários do QP1 (Armazém e Fábrica Nova).....	37
Gráfico 11 - Desagregação Semanal da Energia Ativa por períodos horários do QP2 (Fábrica Antiga e Edifício Administrativo).....	37
Gráfico 12 - Percentagem de cada tipo de luminária	39
Gráfico 13 - Desagregação do consumo de energia elétrica por local	40

Índice de Tabelas

Tabela 1- Tabela de rendimentos das células fotovoltaicas (Fonte: BP Solar).....	5
Tabela 2 - Percentagens aplicáveis às diferentes tecnologias de miniprodução previstas na lei ..	17
Tabela 3 - Potência de ligação atribuída aos diferentes escalões para 2012	18
Tabela 4 - Consumos e custos globais de energia.....	24
Tabela 5 - Consumos da instalação	27
Tabela 6 - Distribuição das unidades de ar condicionado	28
Tabela 7 - Distribuição da tipologia de lâmpadas	29

Tabela 9 - Medidas de Racionalização de Consumos identificadas.....	30
Tabela 10 – Consumos e custos globais de energia	34
Tabela 11 - Consumos da instalação	37
Tabela 12 - Distribuição da tipologia de lâmpadas	39
Tabela 13 - Medidas de Racionalização de Consumos identificadas.....	40
Tabela 14 - Lista de Equipamentos da Instalação 1	48
Tabela 15 – Lista de equipamentos da instalação 2	49

Introdução

Atualmente, a utilização de energia elétrica é indispensável para o desenvolvimento das atividades humanas, bem como para a sustentabilidade e melhorias na qualidade de vida de uma sociedade. Sendo a eletricidade uma fonte de energia secundária, a sua produção é conseguida, principalmente, através da queima de combustíveis fósseis. Estes métodos de produção de eletricidade são reconhecidos como insustentáveis, devido à limitação das fontes de energia primárias existentes na Terra e, principalmente, por causa do aumento da concentração de CO₂ na atmosfera.

É neste contexto, que as energias renováveis surgem como uma alternativa para a produção de energia elétrica, pois representam uma fonte energética praticamente inesgotável e sem consequências ambientais.

Das diferentes fontes de energias renováveis, a energia solar é a mais promissora, uma vez que aproveita a energia gerada pelo Sol, tanto como fonte de calor como de luz. A quantidade de energia solar que chega à Terra equivale a 10000 vezes a quantidade de energia consumida pelo Homem. A conversão da energia solar em energia elétrica é feita através de sistemas fotovoltaicos. Torna-se evidente que o Homem necessita de captar, armazenar e usar este grande potencial energético de forma rentável. No entanto, o desafio tecnológico subjacente ao aproveitamento da radiação solar como fonte de eletricidade é complexo.

A solução para este repto começou a ser construída em 1839, com a demonstração do efeito fotovoltaico, por Edmond Becquerel, e ainda hoje é alvo de aperfeiçoamentos constantes. O avanço tecnológico e as melhorias de eficiência na conversão de energia solar tornam os sistemas fotovoltaicos uma solução viável para a produção de eletricidade, quer a nível económico, quer a nível ambiental.

É destes sistemas que vamos falar seguidamente, procurando explicar a sua constituição, os diferentes tipos de painéis, e os vários componentes que integram sistemas desta natureza. Para além disto apresentamos uma secção onde se elencam as barreiras ao desenvolvimento das energias limpas, e outra onde se explicita a legislação atual sobre a miniprodução, em Portugal.

A segunda parte desta dissertação consta do projeto empírico, desenvolvido em colaboração com a empresa SINERGIAE. Aqui caracterizamos duas instalações diferentes no que se refere aos consumos e custos de energia, apresentando, no final, algumas sugestões conducentes a uma maior eficácia.

1. Sistemas Fotovoltaicos

Desde a última década do séc.xx, que tem vindo a surgir um crescente interesse no desenvolvimento e produção de sistemas fotovoltaicos para o fornecimento de energia elétrica devido à potencialidade da energia solar e por questões ambientais. No entanto, é necessário perceber que a produção de energia limpa não deverá depender apenas de uma só tecnologia. A energia elétrica não é armazenável em grandes quantidades, o que quer dizer que a sua produção tem de ser praticamente simultânea ao seu consumo. Por conseguinte, a sua produção terá de ser flexível e rapidamente adaptável às necessidades de cada momento. Torna-se assim, essencial, a utilização de várias fontes energéticas.

De acordo com vários autores [1], os sistemas fotovoltaicos apresentam algumas vantagens tais como:

- A fonte de energia ser vasta, facilmente acessível e praticamente infinita;
- Fonte de energia limpa (sem emissões, combustão ou produção de lixo tóxico);
- Custos de operação baixos (não necessita de combustível);
- Temperatura de funcionamento ambiente (sem temperaturas elevadas, corrosão ou problemas de segurança);
- Fiabilidade elevada dos módulos solares (os fabricantes garantem até 30 anos);
- Produção anual previsível;
- Modular (podem ser montados em pequena ou grande escala);
- Pode ser integrado em novos edifícios ou em infraestruturas já existentes;
- Pode ser facilmente instalado em qualquer local;
- Autonomia (não precisa de conexão à rede elétrica ou qualquer suplemento de combustível fóssil).

No entanto, também existem algumas desvantagens:

- A energia solar é difusa (não provém de raios de luz diretos, como acontece nos dias nublados);
- Custo inicial elevado;
- Produções de hora a hora ou diárias imprevisíveis;
- Armazenamento de energia economicamente ineficiente;
- Intermitência diária e sazonal.

São estas características que levaram à evolução e ao crescimento desta tecnologia de forma notável, desde o aparecimento da primeira célula fotovoltaica moderna¹, até aos dias de hoje. Atualmente, o fotovoltaico é a melhor solução energética para um número crescente de nichos de mercado, cujas bases estão a ser rapidamente criadas para o desenvolvimento de um mercado de eletricidade solar sustentável a médio prazo.

1.1 Módulos ou painéis fotovoltaicos

Os painéis solares fotovoltaicos são dispositivos utilizados para converter a energia da luz do Sol em energia elétrica, através do efeito fotoelétrico. Os painéis ou módulos fotovoltaicos são constituídos por células solares de silício. O silício é um material semicondutor, pois apresenta características intermédias entre um condutor e um isolante. O silício apresenta-se normalmente como areia que depois é transformada em silício puro, através de métodos adequados.

As células fotovoltaicas são ligadas em série, e em paralelo, para formarem os módulos fotovoltaicos ou painéis fotovoltaicos. O fluxo de eletrões criado em cada célula irá fluir de uma célula para a outra até uma bateria ou carga. Contatos de metal nas extremidades de cada célula constituem os terminais, que absorvem os eletrões livres, concentrando assim a energia. A corrente produzida nos painéis fotovoltaicos é contínua. Deve-se realçar o facto de uma célula fotovoltaica não poder armazenar energia elétrica. Devido a isso, recorre-se muitas vezes à utilização de baterias nos sistemas fotovoltaicos [2].

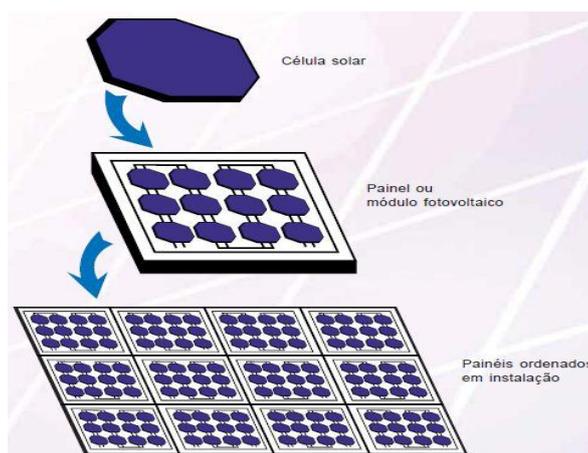


Figura 1 - Constituição módulo ou painel fotovoltaico

¹ Torna-se pública a existência da primeira célula solar moderna. A sua eficiência era de 6%, capaz de gerar 5 mW de potência eléctrica (2 cm² de área).

Os tipos de células solares mais utilizados (cuja representação gráfica se encontra na figura 2) são os seguintes [3], [4], [5]:

- **Células de silício cristalino**, que representam a primeira geração, dentro das quais existem:
 - As células mono-cristalinas (mono-Si), da primeira geração, são criadas a partir de um bloco de silício cristalizado num único cristal. O rendimento elétrico das células mono-cristalinas é relativamente elevado. No entanto, a sua produção exige a aplicação de técnicas complexas e caras e a utilização de uma grande quantidade de energia, para que se obtenham materiais num estado muito puro e com uma estrutura de cristal perfeita.
 - As células poli-cristalinas (poli-Si) são fabricadas a partir de um bloco de silício cristalizado em múltiplos cristais e, portanto, com diversas orientações. O custo de fabrico é inferior relativamente às células mono-cristalinas devido ao processo de fabrico ser menos rigoroso e necessitar de menos energia. O seu rendimento também é menor por causa da imperfeição do cristal, como consequência do sistema de fabrico. Uma vez que esta tecnologia é a mais conhecida e relativamente eficiente em termos de custos, as células policristalinas são as mais utilizadas.
- **Células de película fina** são as que representam a segunda geração, de entre as quais se destacam:
 - **Células de silício amorfo (a-Si)** que são compostas por um suporte de vidro ou de uma outra matéria sintética que é colocado sobre uma fina camada de silício (a organização dos átomos já não é regular como num cristal). Estas células apresentam algumas vantagens, pois o processo de fabrico é relativamente simples e barato, apresenta um baixo consumo de energia na produção, para além de poderem ser produzidas células com grandes áreas. Em contrapartida, o seu rendimento é inferior ao das células mono e poli-cristalinas e as células são afetadas por um processo de degradação logo nos primeiros meses de operação, reduzindo assim a eficiência ao longo da vida útil. Como as células de silício amorfo são películas muito finas, podem ser utilizadas como material de construção. Para além das células de silício amorfo também existem outro tipo de células de película fina, tais como:
 - **As células CdTe (telureto de cádmio), CIS (cobre, índio, selénio), CIGS (cobre, índio, gálio, selénio)** que estão em fase de desenvolvimento e industrialização. As células de CdTe têm por base o telúrio de cádmio. Este

material torna-se interessante por causa da sua elevada absorção. Contudo, devido à toxicidades do cádmio o seu desenvolvimento fica comprometido. As células de CIS (CuInSe) também apresentam excelentes propriedades de absorção e têm a particularidade de o material ser estável quando sujeito à incidência luminosa. As células de CIGS (Cu(In,Ga)Se₂) são constituídas pelos mesmos elementos das CIS, mas com a particularidade de o índio formar uma liga com o gálio, obtendo-se, assim, melhores desempenhos.

Através da informação da tabela 1, podemos compreender os rendimentos destas células em diferentes contextos de aplicação.

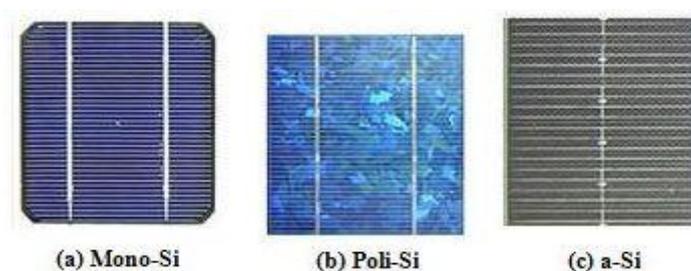


Figura 2 - Tipos de células fotovoltaicas

Tabela 1- Tabela de rendimentos das células fotovoltaicas (Fonte: NREL)

	Rendimento típico
Mono-cristalina	25%
Poli-cristalina	20,4%
Silício amorfo	13,4%
CdTe	18,3%
CIS	19,7%
CIGS	20,4%

Para além destas células, existem outras ainda em fase de desenvolvimento, designadas por **células de 3ª geração** que prometem grandes eficiências e custos mais baixos. No entanto, o seu desenvolvimento tecnológico não deverá permitir a sua utilização no mercado nos próximos 10 a 15 anos. Entenda-se por células de 3ª geração as células nanocristalinas sensibilizadas com colorantes, microcristalinas, micromorfas e híbridas (células solares HCl). Outro tipo de tecnologia já bastante usada também, mas apenas em algumas situações, é o Arsénio de Gálio (GaAs) cujo rendimento pode atingir os 25%. Contudo, o custo de produção é elevado, sendo o

seu uso limitado a apenas em satélites ou sistemas de concentradores (CSP - Concentrating Solar Power).

Um dos aspetos que é importante salientar relativamente aos módulos fotovoltaicos é a possibilidade de todos os seus componentes se poderem reciclar. A reciclagem destes componentes é vantajosa a nível económico, a nível de utilização de matéria-prima e na preservação do meio ambiente. Durante o processo de fabrico, os módulos fotovoltaicos rejeitados e que apresentem falhas podem ser reciclados e reintroduzidos no ciclo do material, permitindo economizar as matérias-primas utilizadas. Em termos económicos, as células fotovoltaicas são os componentes mais valiosos, que podem ser reciclados em novos blocos de silício, que são a base para novas células. Os restantes componentes dos módulos fotovoltaicos como as estruturas de suporte em alumínio, o vidro, ou os contatos elétricos são também recicláveis.

1.2 Tipos de sistemas fotovoltaicos

A exploração dos painéis fotovoltaicos deve ser feita de forma a obter a máxima potência disponível, uma vez que os seus rendimentos são baixos e o custo inicial elevado. Para tal, deverá ser efetuada uma boa adaptação entre o gerador fotovoltaico e a carga associada. Esta adaptação é executada através de conversores estáticos que funcionam em diversos modos.

Existem 3 tipos de sistemas fotovoltaicos: os sistemas autónomos, híbridos e ligados à rede, tal como se pode observar na figura 3 [6].

- **Os sistemas autónomos** dependem apenas da energia solar para responder às exigências do consumo. Estes sistemas podem estar equipados de acumuladores (baterias), de forma a armazenar a energia elétrica produzida durante o dia e restituí-la durante a noite, ou durante os períodos do dia em que a incidência solar seja insuficiente. Estes sistemas podem também responder às necessidades de uma aplicação sem recurso a armazenamento de energia, como, por exemplo, casas isoladas sem ligação à rede, ou para a bombagem de água.
- **Os sistemas híbridos**, que são igualmente independentes da rede de distribuição elétrica, são constituídos por um gerador fotovoltaico combinado com um aerogerador ou com um grupo gerador a combustível, ou até com os dois. Normalmente, este tipos de sistemas são utilizados em aplicações que necessitam de uma alimentação permanente e de uma potência relativamente elevada, quando não se pretende efetuar um grande investimento em módulos fotovoltaicos e baterias.

- **Os sistemas ligados à rede** produzem a sua energia elétrica e debitam a restante na rede. Esta transferência de energia elimina a necessidade de se adquirir e manter uma bateria. A utilização de sistemas ligados à rede irá reduzir a necessidade de se aumentar a capacidade das linhas de transmissão e distribuição e a produção de energia elétrica nas centrais. Dos sistemas ligados à rede, distinguem-se os pequenos sistemas distribuídos de microgeração e minigeração, e sistemas centralizados, como grandes centrais solares, cada vez mais frequentes (macrogeração). No entanto, a sua viabilidade económica depende ainda dos apoios concedidos. O potencial de exploração de sistemas residenciais ligados à rede é elevado, todavia os custos inerentes deverão baixar para que os sistemas fotovoltaicos possam concorrer com os preços baixos de eletricidade.

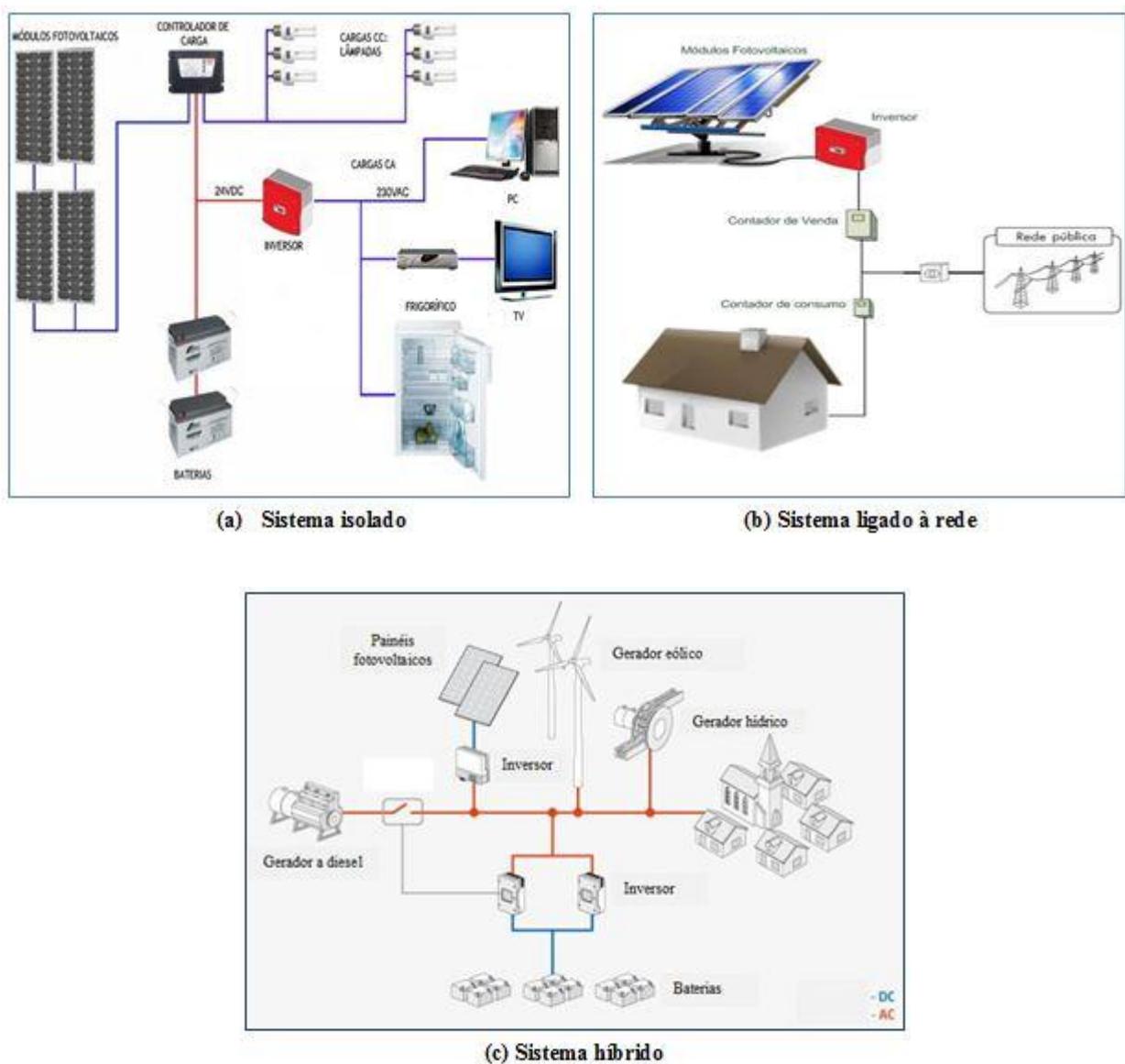


Figura 3 – Tipos de sistemas

Para além da boa adaptação dos sistemas fotovoltaicos, a orientação dos painéis solares também tem um papel fundamental para o aproveitamento energético, pois a radiação solar varia consoante a hora do dia, o período do ano e as condições climáticas. O seu ângulo de inclinação deverá ser igual ao da latitude a que se encontram, de forma a maximizar a radiação solar incidente sobre o painel durante o dia e ao longo do ano. Também existem painéis solares móveis com dispositivos seguidores que localizam o sol e orientam o painel na sua direção.

Estas instalações poderão ser estabelecidas com recurso a diferentes tipos de implementação, isto é:

- integradas no telhado inclinado;
- em campo/propriedade aberta;
- sobreposição em telhados ou coberturas de edifícios;
- em fachadas de edifícios;
- brisas, coberturas de sombreamento, etc...

1.3 Componentes de um sistema fotovoltaico

Os componentes de um sistema fotovoltaico dependem da aplicação considerada: se serão aplicados numa habitação isolada ou na proximidade da rede, ou se serão utilizadas baterias e conversores de potência [7].

Os possíveis componentes de um sistema fotovoltaico são:

- Módulos ou painéis fotovoltaicos;
- Baterias;
- Reguladores de Carga;
- Inversores;
- Outros componentes.

Módulos ou painéis fotovoltaicos: são os responsáveis pela conversão da energia solar em energia elétrica, através das células fotovoltaicas que podem ser de diferentes tipos, como já foi referido anteriormente.

Baterias: habitualmente as baterias são do tipo chumbo-ácido. São utilizadas nos sistemas autónomos de modo a armazenar a energia elétrica e o seu dimensionamento é essencial para o bom funcionamento do sistema. A escolha do tipo de bateria faz-se através de uma aproximação da potência média diária e do tempo de armazenamento necessário. Cerca de 15% do

investimento inicial provém do armazenamento da energia elétrica produzida. Normalmente, as baterias têm uma duração de 20 anos.

Reguladores de carga: frequentemente utilizados em sistemas autónomos com o objetivo de controlar o fluxo de energia entre a carga e o gerador, ou seja, para protegerem a bateria de sobrecargas ou descargas profundas e em assegurar a monitorização e segurança da instalação. Os reguladores de carga podem dividir-se em 3 grandes grupos principais: reguladores série, reguladores shunt e reguladores de ponto de potência máxima. Os reguladores série incorporam um interruptor entre o gerador e o acumulador, para interromperem o fornecimento de energia à carga. Nos reguladores shunt (ou de derivação), o interruptor curto-circuita o gerador solar em fim de carga. Já os reguladores de ponto de potência máxima (MPPT ou Maximum Power Point Tracking) utilizam um circuito eletrónico especial de forma a captar sempre a potência máxima.

Conversores: são utilizados para adaptar a potência gerada às necessidades da carga. Como foi referido anteriormente, a corrente produzida nos painéis fotovoltaicos é contínua. Dependendo da aplicação, os conversores podem ser DC/DC ou DC/AC. Os conversores DC/DC fornecem à carga uma tensão DC diferente da tensão gerada pelos painéis. Os conversores DC/AC transformam a corrente contínua em corrente alternada e no caso de o sistema estar ligado à rede, sincronizam a corrente de saída com a da rede.

Outros componentes: existem elementos indispensáveis para o bom funcionamento de um sistema fotovoltaico tais como, proteções contra descargas atmosféricas, disjuntores e fusíveis. Atendendo ao custo elevado dos painéis fotovoltaicos, eles devem ser protegidos de forma a evitar o máximo de degradação. Os principais agentes são:

- Perturbações induzidas pela comutação dos conversores de potência. Neste caso, podem ser introduzidos filtros de potência para eliminar os harmónicos.
- Funcionamento como recetor: os painéis degradam-se rapidamente quando absorvem energia. Neste caso, podem ser instalados díodos para impedirem a inversão do sentido da corrente.
- Descargas atmosféricas.

2. Barreiras ao desenvolvimento do setor em Portugal

A maior parte da energia elétrica produzida em Portugal provém da utilização de combustíveis fósseis. Segundo um estudo efetuado pela Associação Portuguesa de Energias Renováveis (APREN) em colaboração com a Associação Nacional de Conservação da Natureza

(Quercus), verificou-se que, em 2012, 46% da energia elétrica produzida se deveu à utilização de combustíveis fósseis; 38% resultou das fontes de energia renovável, e 16% proveio do exterior (Cf. Figura 4) [8].

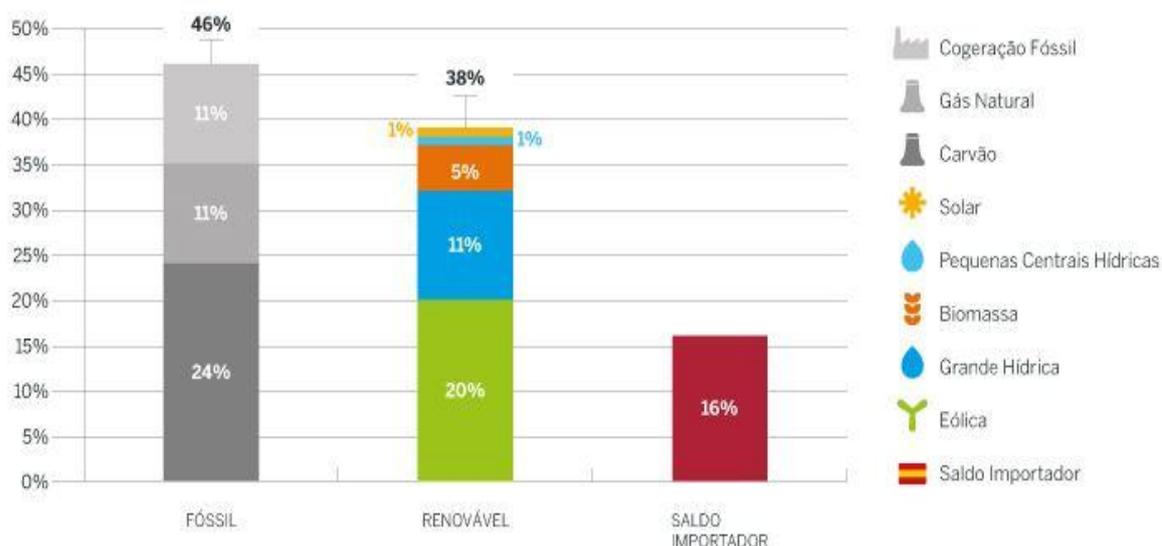


Figura 4 - Produção de eletricidade por fonte em Portugal Continental em 2012 (Fonte: APREN)

Das fontes de energia renovável, a solar fotovoltaica contribuiu em apenas 1% na produção total de eletricidade. Contudo, é preciso perceber por que razão é que esta tecnologia ainda não se encontra implementada em grande escala no nosso país.

Uma das causas que limitam o crescimento dos sistemas fotovoltaicos é a crise económica vivenciada, hoje em dia, em Portugal. Como resultado, em 2012, foram suspensas novas licenças de atribuição de potência para injeção na rede pública, atrasando a produção de energia elétrica em regime especial. Por outro lado, a falta de financiamento para criação de novos projetos para a instalação de grandes unidades de geração fotovoltaica de forma a reduzir a importação de energia elétrica, e as rigorosas exigências ambientais, também afetam o setor das renováveis. No momento de crise económica, é fundamental que a gestão da procura seja uma prioridade na política energética governamental. A revisão do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e a entrada em vigor do Fundo de Eficiência Energética (FEE) devem dar prioridade às medidas com maior custo-eficácia.

Outra das barreiras à implementação de sistemas fotovoltaicos é o seu elevado custo de investimento. Os custos de investimento dos sistemas fotovoltaicos são, essencialmente, o custo dos painéis fotovoltaicos, do inversor, e do BoS (Balance of the System), que engloba as estruturas mecânicas de sustentação, equipamentos auxiliares, cabos e conexões, e mão-de-obra.

Em Portugal não existem empresas especializadas na produção de células fotovoltaicas nem de inversores, o que significa que estes equipamentos têm que ser obtidos noutros países (como, por exemplo, Espanha, Alemanha). Algumas empresas portuguesas já possuem sistemas fotovoltaicos de marca própria, no entanto estes são fabricados no estrangeiro. Existem, no entanto, já algumas empresas que produzem apenas painéis fotovoltaicos, como é o caso da MARTIFER.

Apesar desta situação, com a evolução tecnológica e o aumento da produção de sistemas fotovoltaicos, já se tem verificado uma diminuição nos custos associados ao fotovoltaico. Em 2011, foi criado o projeto PV PARITY que tem como objetivos o desenvolvimento do fotovoltaico nos mercados de energia elétrica na União Europeia, e a competitividade da energia fotovoltaica, face às outras fontes de energia para a produção de energia elétrica [9]. Neste projeto, são analisados os preços dos sistemas, os custos de venda da eletricidade, valores de investimento, assim como a possibilidade de consumo de eletricidade produzida através dos sistemas fotovoltaicos, nos vários países da União Europeia. Este projeto tem o apoio de várias entidades especializadas na implementação de energias renováveis nos sistemas elétricos.

Em Portugal, a paridade de preços entre a energia fotovoltaica e as restantes fontes de energia ainda está longe de ser alcançada.

Para além dos fatores condicionantes à instalação de sistemas fotovoltaicos, acima referidos, a integração de sistemas solares fotovoltaicos em larga escala poderá ter um impacto na qualidade da energia provida pelo sistema elétrico. Atualmente, a inserção de sistemas fotovoltaicos na rede elétrica é uma realidade que tem vindo a aumentar. Sendo assim, espera-se que estes sistemas ligados à rede injetem uma quantidade relativamente alta de energia nos sistemas elétricos.

Os sistemas de energia elétricos têm sido tradicionalmente projetados para uma geração centralizada, em que o sentido dos fluxos de energia é unidirecional (dos centros de produção para a carga). Com o aparecimento de sistemas produtores descentralizados, este fluxo de energia torna-se bidirecional, sendo importante ter em conta este facto no planeamento da rede elétrica e proceder à sua incorporação nos sistemas operacionais de rede [10]. Estas alterações acarretam elevados custos na reestruturação dos sistemas de energia elétrica. Os operadores do sistema elétrico também devem considerar (entre outras questões) as variações sazonais e o comportamento horário da geração fotovoltaica, uma vez que esta depende das condições atmosféricas (é intermitente), provocando mudanças adicionais no balanço do sistema.

Um fluxo de corrente inverso significativo pode provocar sobretensões e o funcionamento inadequado de equipamentos de controlo de tensão. A variação dos níveis de tensão cria instabilidade na rede. A estabilidade dos níveis de tensão, que está diretamente relacionada com a qualidade de energia, é um dos requisitos para o bom funcionamento de máquinas e equipamentos ligados [11].

A entrega de energia dos fotovoltaicos é feita através dos inversores, que podem introduzir distorções harmónicas na corrente da rede. Segundo [12], os harmónicos gerados pelos inversores dependem de muitas variáveis. O nível de tensão e corrente variam em função das características da tecnologia fotovoltaica. Essas variações dependem das condições climáticas da hora do dia, da temperatura, entre outros.

A presença de harmónicos na rede elétrica causa uma distorção na forma de onda da corrente, formando uma onda não sinusoidal. A distorção harmónica da corrente pode causar o sobrecarregamento de cabos, transformadores, erros de medição, falha de equipamentos de proteção, maiores perdas energéticas, entre outros.

Segundo [9], os impactos mais relevantes, devido à integração de sistemas fotovoltaicos em larga escala num sistema de energia elétrica são:

- Aumento e oscilação dos níveis de tensão (qualidade da energia);
- Introdução de harmónicos de corrente na rede (através dos inversores);
- Fluxos de potência inversos;
- Desequilíbrio do sistema.

Todavia, existem formas de mitigar estes impactos, nomeadamente:

- Controlo dos inversores;
- Limitação na instalação de sistemas fotovoltaicos;
- Melhor controlo dos níveis de tensão;
- Gestão da procura;
- Armazenamento.

Por enquanto, o impacto dos sistemas fotovoltaicos, em Portugal, não terá grandes implicações na rede, pois a sua contribuição ainda não é significativa. No entanto, em zonas de menor dimensão, como é o caso das Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira, os impactos negativos poderão ser maiores. Tendo em conta a radiação solar dos dois arquipélagos, constata-

se que para obter o mesmo nível de produção, seria necessário instalar um número superior de sistemas fotovoltaicos nos Açores, agravando-se os problemas indicados anteriormente.

3. Situação Portuguesa

3.1 Enquadramento

O aumento da população e da qualidade de vida está fortemente relacionado com o aumento do consumo de eletricidade. O impacto dos problemas ambientais criados pela atividade humana tem suscitado grandes preocupações a nível mundial. Cabe aos governos das grandes potências mundiais darem o exemplo e mostrarem que estão concentrados na resolução do aquecimento global e na redução da dependência energética. Uma das medidas que rapidamente se está a adaptar a esta realidade é ao nível da produção da energia elétrica. A utilização de combustíveis fósseis é insustentável a médio prazo, logo a utilização de energias renováveis para a produção de energia elétrica é uma aposta global cada vez mais frequente.

Portugal tem vindo a participar ativamente neste processo de mudança, ao mesmo tempo que se tenta posicionar nos novos mercados que lhe surgem associados. O Programa do XVIII Governo Constitucional define as orientações políticas para prosseguir a modernização do País de modo a preparar o futuro e dá ênfase ao reforço das políticas sociais e do Estado Social [13].

Um dos objetivos definidos para o País é o de «liderar a revolução energética», através de diversas metas, entre as quais «afirmar Portugal na liderança global na fileira industrial das energias renováveis, de forte capacidade exportadora», e apostando na produção descentralizada de energia, simplificando os processos e procedimentos, facilitando a adesão dos cidadãos, empresas e outras entidades [14],[15],[16].

De entre os objetivos estabelecidos pela estratégia para a Estratégia Nacional para a Energia até 2020 (ENE 2020), destaca-se a utilização de energias renováveis na medida em que possibilita a diminuição das importações de petróleo e gás natural e a redução do impacto das alterações climáticas. A produção descentralizada de energia elétrica a partir de diversas fontes de energia limpa é vantajosa em vários aspetos e como tal o seu desenvolvimento é essencial. As suas vantagens são [14]:

- a) Contribuir para os objetivos fixados na ENE 2020;
- b) Diminuir o fluxo de energia na rede pública com a consequente diminuição das perdas associadas;

- c) Constituir uma forma de investimento equilibrado em todo o território nacional e reduzir o investimento na rede pública e energia elétrica.

Entende-se por produção descentralizada, as unidades de microprodução, para potências que variam entre 3,68 kW e 11,04 kW, e as unidades de miniprodução para potências até 250 kW.

Apenas a atividade de muito pequena produção (a microgeração), prevista no Decreto - Lei n.º 363/2007, de 2 de novembro, e depois alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 118 - A/2010, de 25 de outubro, e o regime da pequena produção para autoconsumo (previsto no Decreto -Lei n.º 68/2002, de 25 de Março) possuem regimes próprios .

Contudo, o regime da produção com autoconsumo não teve a aceitação esperada, sendo muito poucas as unidades por ele regidas. Devido a esta situação, o decreto criado para as unidades da produção com autoconsumo foi revogado, salvaguardando-se, no entanto, a continuação da sua aplicação às instalações atualmente por ele abrangidas. Consequentemente, foi necessário implementar um novo regime para a produção descentralizada de eletricidade (miniprodução) para complementar o regime da microprodução cuja experiência tem sido bem sucedida.

É neste contexto que é criado o Decreto-Lei n.º 34/2011, de 8 de março, resultante do desenvolvimento da Estratégia Nacional para Energia, que estabelece o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade por intermédio de instalações de pequena potência, designadas por unidades de miniprodução.

3.2 Legislação sobre a Miniprodução em Portugal

Segundo a legislação em vigor [14], entende-se por miniprodução a atividade de pequena escala de produção descentralizada de eletricidade, recorrendo, para tal, a recursos renováveis e entregando, contra remuneração, eletricidade à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP), na condição de existir consumo efetivo de eletricidade no local da instalação.

Do novo regime jurídico para a miniprodução, distinguem-se os seguintes aspetos:

- 1) A unidade de miniprodução baseia-se numa instalação que produz eletricidade a partir de uma única tecnologia renovável (como por exemplo painéis fotovoltaicos) cuja potência máxima atribuível à rede é de 250 kW, e que tem a garantia de entregar a eletricidade produzida à RESP de forma remunerada.

- 2) Pode exercer a atividade em instalações que detenham consumos relevantes e um contrato de fornecimento de eletricidade com um comercializador. A unidade de miniprodução deverá ser instalada perto do local de consumo. Estabelece-se também que pelo menos 50% da eletricidade produzida pela unidade deverá ser consumida, ou seja, a potência entregue à RESP não deverá ser igual ou superior a metade da potência contratada para a instalação de consumo.
- 3) O acesso à atividade de miniprodução depende de registo e a entrada em exploração da unidade registada e a sua ligação à rede carecem de certificado de exploração.
- 4) O produtor pode ter acesso a dois regimes remuneratórios à sua escolha: o regime geral e o regime bonificado.
- 5) Pelo menos 1% do parque de instalações de miniprodução registadas é objeto de ações de fiscalização anual, para se poder verificar a sua conformidade com o decreto de lei aprovado.

Potência máxima a instalar

Como já foi referido anteriormente, a unidade de miniprodução é uma instalação que produz eletricidade a partir de recursos renováveis, com base numa só tecnologia (como por exemplo painéis fotovoltaicos) cuja potência máxima atribuível à rede é de 250 kW. No entanto, são definidos três escalões:

- **Escalão I:** unidades cuja potência instalada é inferior ou igual a 20 kW;
- **Escalão II:** unidades cuja potência instalada é superior a 20 kW e inferior ou igual a 100 kW;
- **Escalão III:** unidades cuja potência instalada é superior a 100 kW e inferior ou igual a 250 kW.

Acesso à atividade

Pode exercer a atividade de produção de eletricidade, através de unidades de miniprodução, a entidade que, à data do pedido de registo, preencha os seguintes requisitos:

- a) Disponha de uma instalação de utilização de energia elétrica e seja titular de um contrato de compra e venda de eletricidade com um comercializador;
- b) A unidade de miniprodução ser instalada no local servido pela instalação elétrica de utilização;

- c) A potência de ligação da unidade de miniprodução ser igual ou inferior a 50% da potência contratada definida no contrato entre a instalação de utilização e o comercializador;
- d) A energia consumida na instalação de utilização seja igual ou superior a 50% da energia produzida pela unidade de miniprodução, sendo tomada como referência a energia produzida e consumida no ano anterior, para instalações que estejam em funcionamento há mais de um ano, e a relação entre a previsão anual de produção e de consumo de energia, para instalações que tenham entrado em funcionamento há menos de um ano.

Entidades terceiras (como, por exemplo, empresas de serviços energéticos) também podem ser produtoras de eletricidade por intermédio de uma unidade de miniprodução, se devidamente autorizadas pelo titular da instalação de consumo.

O promotor² tem a obrigação de proceder a uma averiguação das condições técnicas de ligação no local onde se pretenda instalar a unidade de miniprodução de forma a verificar a existência de condições adequadas à injeção de eletricidade na rede elétrica de serviço público (RESP), através de medições dos níveis de tensão nesse local, respeitando os limites estabelecidos no Regulamento da Qualidade de Serviço.

O acesso à atividade de miniprodução de eletricidade está sujeito a registo e subsequente obtenção de certificado de exploração da instalação. Assim sendo, qualquer empresa, que esteja interessada em instalar unidades de miniprodução, deve efetuar o registo na plataforma eletrónica “Sistema de Registo da Miniprodução” (SRMini)³ gerida pela Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG). Após a efetivação do registo, segue-se a instalação dos equipamentos necessários à miniprodução e a sua inspeção por parte da DGEG, para verificação do cumprimento de requisitos de segurança, entre outros. Os pedidos de registo, de reinspeção da unidade de miniprodução e de averbamento de alterações ao registo da miniprodução, com e sem emissão de novo certificado de exploração, estão sujeitos ao pagamento de taxas, mais o valor do IVA, à taxa legal em vigor⁴.

As entidades instaladoras deverão estar aprovadas pelo Instituto da Construção e do Imobiliário (InCI) para a execução de instalações de produção de eletricidade e inscrever-se no SRMini para conhecimento e divulgação públicos. Para efetuar a instalação das unidades de

² Neste Decreto, entende-se por “promotor” a entidade interessada em obter um registo para a produção de eletricidade por intermédio de uma unidade de miniprodução.

³ Que pode ser acedido através do portal www.renovaveisnagora.pt

⁴ Os valores das taxas a cobrar podem ser consultados na Portaria n.º 178/2011 de 29 de Abril [17]

miniprodução, as entidades instaladoras devem dispor de um técnico responsável pela execução e utilizar equipamentos certificados no decreto de lei ⁵.

Um dos pontos que é importante salientar refere-se ao facto de quando o somatório das potências de injeção ligadas a um posto de transformação ou subestação ultrapassa o limite de 20 % da potência do respetivo posto de transformação ou subestação, o operador da rede de distribuição pode restringir o acesso a novos registos, mediante pré-aviso de cinco dias a divulgar no SRMini.

Remuneração

Quanto aos regimes remuneratórios, o produtor tem acesso a um dos seguintes regimes: o regime geral e o regime bonificado. Apenas é remunerada a energia ativa entregue à RESP.

A tarifa a aplicar, em ambos os regimes, varia consoante o tipo de energia primária utilizada para a produção de eletricidade, sendo determinada mediante a aplicação das seguintes percentagens à tarifa de referência, tal como documenta a tabela 2:

Tabela 2 - Percentagens aplicáveis às diferentes tecnologias de miniprodução previstas na lei

Fonte primária de produção	% da tarifa de referência
Solar	100 %
Eólica	80 %
Hídrica	50 %
Biogás	60 %
Biomassa	60 %
Pilhas de combustível com base em hidrogénio proveniente de miniprodução renovável	Percentagem aplicável ao tipo de energia renovável utilizada para a produção de hidrogénio

- **Regime geral**

No regime geral, a eletricidade produzida é renumerada segundo as condições de mercado, nos termos vigentes para a produção em regime ordinário, ou seja, o preço de venda de eletricidade será igual ao preço de compra estabelecido no contrato entre o produtor e o comercializador.

⁵ A lista das entidades instaladoras e dos equipamentos utilizados pode ser consultada no portal www.renovaveishora.pt.

- **Regime bonificado**

O acesso ao regime bonificado deverá ser solicitado na altura do pedido de registo da unidade de miniprodução por parte do produtor. Este, cuja unidade de produção se insira:

- a) No escalão I, é renumerado com base na tarifa de referência que estará em vigor na data de emissão do certificado de exploração. Neste caso os pedidos de registo são ordenados por ordem de chegada. A quota de potência de ligação a alocar ao escalão I não pode ser superior a 25% da quota anual.
- b) Nos escalões II e III, é renumerado com base na tarifa mais alta que resultar das maiores ofertas de desconto à tarifa de referência apuradas nos respetivos escalões, nos termos do limite da quota de potência estabelecida, durante 15 anos, seguindo-se o regime geral a partir do 16º ano. Os diversos pedidos de registo são ordenados em função desse desconto. A quota de potência de ligação para os escalões II e III não pode ultrapassar 50% da quota anual estabelecida.

Note-se que a atribuição da quota de potência a alocar anualmente no âmbito do regime deverá ser escalonada ao longo do ano, de acordo com a programação a estabelecer pela DGEG.

Já para 2013 a percentagem de redução anual da tarifa de referência é fixada em 30% e, conseqüentemente, a tarifa de referência aplicável à minigeração de electricidade a partir de fonte solar com a utilização de tecnologia fotovoltaica é de 151€/MWh (0,151€/kWh) [18]. Em 2012 a tarifa de referência definida foi de 215 €/MWh (0,215€/kWh). A quota anual de potência manteve-se nos 30MW em relação ao ano anterior, e as quotas estabelecidas para cada escalão foram atribuídas da forma como se explicita na tabela seguinte [19]:

Tabela 3 - Potência de ligação atribuída aos diferentes escalões para 2012

Sessões	Total (MW)	Potência Atribuída (MW)		
		Escalão I	Escalão II	Escalão III
Janeiro	6,6	1,8	1,8	3
Fevereiro	6	1,2	1,8	3
Março	3	0,6	0,9	1,5
Abril	3	0,6	0,9	1,5
Maio	3	0,6	0,9	1,5
Junho	3	0,6	0,9	1,5
Julho	3	0,6	0,9	1,5
Setembro	2,4	-	0,9	1,5
Total	30	6	9	15

A atribuição das potências previstas é realizada em sessões mensais a realizar no último dia útil de cada mês. A potência eventualmente não atribuída numa das sessões transita para a sessão do mês seguinte, acumulando-se à potência disponível para esta sessão, dentro do mesmo escalão. As quotas estabelecidas para cada um dos escalões poderão ser revistas consoante o grau de utilização registado em cada um.

Auditoria Energética

Só o acesso ao regime bonificado depende, até à data do pedido de inspeção, da realização de auditoria energética e implementação das medidas de eficiência energética identificadas nessa auditoria. As medidas de eficiência determinadas deverão ter o seguinte período de retorno:

- Escalão I: dois anos;
- Escalão II: três anos;
- Escalão III: quatro anos.

A auditoria energética consiste no estudo das condições de utilização de energia na instalação e na identificação de possíveis medidas a implementar de modo a aumentar a eficiência energética e/ou reduzir a fatura energética associada às atividades da mesma.

As medidas a implementar identificadas na auditoria devem ser cumpridas, e o seu cumprimento reportado anualmente à DGEG, até à sua total implementação. Nas auditorias energéticas, deverão ser efetuadas as várias medidas, nomeadamente [20]:

- a) Quantificação dos consumos energéticos (por instalação global e principais secções e ou equipamentos) e a sua importância no custo final do(s) produto(s);
- b) Inspeção visual dos equipamentos e ou sistemas consumidores de energia, complementada pelas medições necessárias;
- c) Esclarecimento como é transformada a energia e quais os seus custos;
- d) Um levantamento e caracterização detalhados dos principais equipamentos consumidores de energia, sobretudo com maior peso em termos de potência instalada, quer elétrica, quer térmica;
- e) Obtenção de diagramas de carga (DDC) elétricos dos sistemas considerados grandes consumidores de eletricidade;
- f) Determinação da eficiência energética de geradores de energia térmica eventualmente existentes;

- g) Verificação do estado das instalações de transporte e distribuição de energia;
- h) Verificação do bom funcionamento dos aparelhos de controlo e de regulação do equipamento de conversão e utilização de energia;
- i) Identificação e quantificação das possíveis áreas onde as economias de energia são viáveis, como resultado das situações encontradas/anomalias detetadas e medições efetuadas.
- j) Definição de intervenções com viabilidade técnico-económica, que resultem no aumento da eficiência energética e ou na redução da fatura energética.

4. Projeto em Colaboração com a empresa SINERGIAE

Neste capítulo, será apresentado o projeto desenvolvido em colaboração com a empresa SINERGIAE, no âmbito da instalação de sistemas de minigeração. Neste projeto, foram realizadas auditorias energéticas em duas instalações com o intuito de identificar oportunidades de racionalização de consumo que permitissem um aumento da eficiência energética. As medidas de racionalização resultaram da recolha e da análise dos dados obtidos durante as auditorias. Depois do processo de auditoria, foi elaborado o respetivo relatório para ser entregue no SRMini, de modo a que se procedesse à inspeção da instalação por parte da CERTIEL (Associação Certificadora de Instalações Elétricas) e à respetiva ligação dos sistemas de minigeração à rede pública.

O Grupo SINERGIAE, sediado em Coimbra, foi fundado em 2004 e constitui um conjunto de empresas que atua em diversas áreas do conhecimento, tais como Energias Renováveis, Engenharia Energética, Estudos Ambientais, Arquitetura e Planeamento, Engenharia Espacial e Investigação. Nos últimos anos, o Grupo SINERGIAE tem sido uma das empresas com maior crescimento a nível regional, sendo atualmente líder em soluções de engenharia energética e energias renováveis e uma das empresas líderes do mercado português. A empresa também se encontra inserida no mercado Africano através da SINERGIAE – Angola e SINERGIAE – Médio Oriente.

Para que uma auditoria consiga atingir todos os parâmetros propostos na legislação em vigor, é necessário que a totalidade do processo seja planeada ao pormenor. Para tal, é necessário adotar uma metodologia correta, de forma a garantir uma preparação adequada para a obtenção dos melhores resultados.

A metodologia utilizada neste projeto foi a recomendada como a mais eficaz, por vários autores [21].

4.1 Instalação 1

4.1.1 Caracterização da Instalação

A instalação caracteriza-se por ser um local onde se desenvolve a formação de profissionais no setor do Artesanato. Na figura 5, pode-se observar a vista superior da instalação 1. O edifício é construído de raiz, tem 2 pisos e é constituído por vários espaços funcionais, entre os quais:

- Átrio/Receção de visitantes: espaço de acolhimento e orientação dos utentes, no qual existe um posto de trabalho;
- Zona de exposições: zona onde se poderá observar os diversos trabalhos ou manifestações artísticas de diferentes materiais;
- Salas de formação: existem três tipos distintos de salas. O primeiro tipo são salas de formação teórica, onde se recorre a *datashows* e apresentações orais de cariz teórico. O segundo tipo de salas são as salas de formação prática, onde se desenvolvem trabalhos artesanais, costura, etc. Por fim, existem os laboratórios nos quais se lecionam aulas de informática, fotografia, serigrafia, etc., recorrendo a equipamento e maquinaria específicas para este tipo de atividade;
- Depósito/Armazém: neste espaço existe uma zona restrita, onde se localiza o servidor informático do edifício. Neste local, também se encontram armazenados alguns equipamentos tais como computadores portáteis, material escolar, etc.;
- Gabinetes: espaços reservados aos formadores, pessoal administrativo e à direção executiva;
- Biblioteca: local dedicado ao estudo e consulta bibliográfica;
- Auditório: zona com capacidade para 100 pessoas, aproximadamente, onde se realizam conferências ou palestras com o apoio de sistemas de som e projeção de imagem. Este local tem uma utilização muito esporádica;
- Bar: área destinada à alimentação e lazer;
- Zonas comuns de passagem: são espaços comuns de utilização indiferenciada, como, por exemplo, escadas, corredores e *hall's* de entrada.



Figura 5 - Vista superior da instalação 1

Segundo a regulamentação em vigor para Certificação Energética (CE) e Qualidade do Ar Interior (QAI) para os edifícios (DL 78, 79 e 80/2006), o edifício em causa é classificado como um “Grande Edifício de Serviços” pelo facto de possuir uma área bruta de 2268m², acima dos 1000m² que é o valor limite para esta classificação. Devido a este facto, o edifício está abrangido pelo Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) que prevê a certificação do edifício, através de auditorias periódicas à vertente energética e à QAI, sendo atribuída uma classificação ao edifício.

Relativamente à envolvente do edifício, não existe nenhuma documentação técnica que permita obter informações sobre as características técnicas das paredes do edifício. Os envidraçados são em caixilharia metálica com vidro simples. A cobertura é isolada pelo exterior da laje de betão, com fibrocimento, havendo várias claraboias na maior parte do edifício. As claraboias são um ponto forte na eficiência do edifício, porque permitem um elevado nível de iluminação natural, reduzindo o consumo energético associado a esta variável.

O edifício consome energia elétrica para os mais diversos fins. No edifício, também se encontram equipamentos para a utilização de gás natural, embora a sua utilização seja praticamente nula. No relatório elaborado, não se considerou a o consumo de gás natural, uma vez que nos dois últimos anos não foram apresentadas faturas de gás da instalação.

4.1.2 Caracterização de consumos e custos de energia

Consumos de Energia

A análise dos consumos de energia foi feita através da recolha dos dados das faturas fornecidas pela entidade, num período compreendido entre junho de 2011 e maio de 2012. Nas

faturas energéticas disponibilizadas, foi possível fazer a desagregação por períodos horários, uma vez que os custos associados à energia aparecem todos discriminados. O seguinte gráfico representa os consumos mensais totais de energia e os consumos mensais desagregados pelos períodos horários.

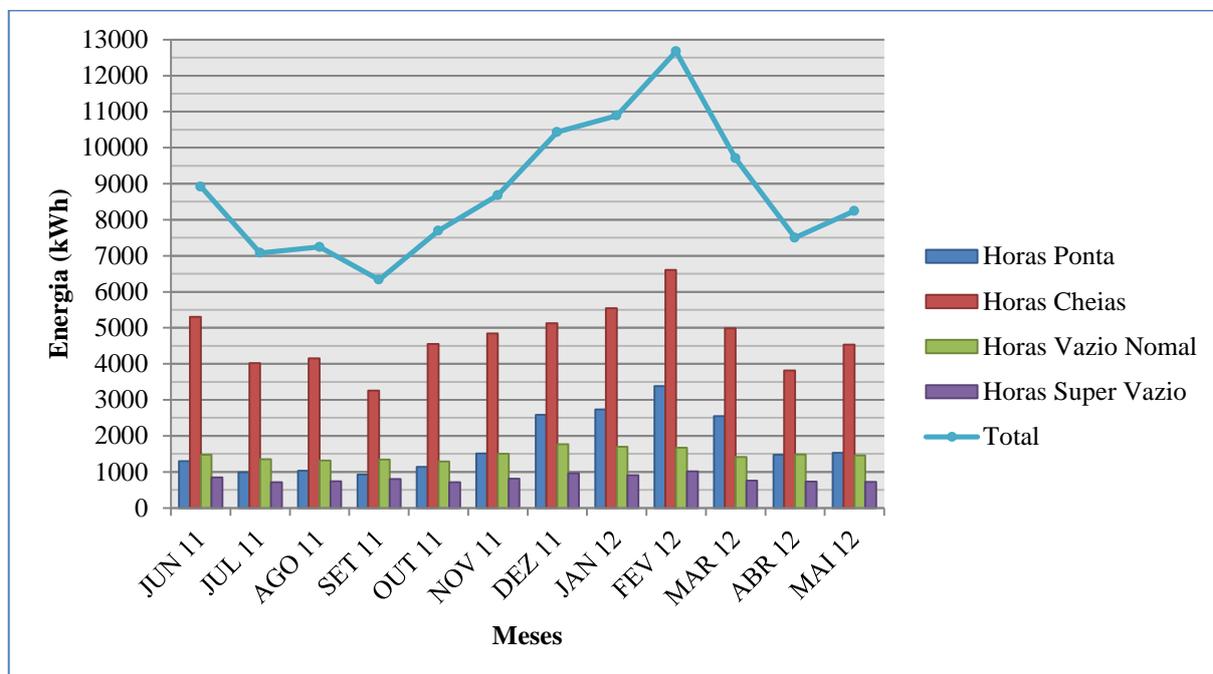


Gráfico 1 - Desagregação dos consumos mensais de energia elétrica por períodos horários

Através do gráfico, pode-se observar que o consumo de energia na instalação apresenta algumas oscilações ao longo dos 12 meses analisados. Destaca-se um consumo maior em horas cheias com aproximadamente 54% do consumo anual, o que é normal uma vez que o edifício em questão funciona num período horário de trabalho normal (das 8H às 18H). Segue-se o consumo no período de horas de ponta que corresponde a 20%; para horas de vazio normal, 17%, e com o valor mais pequeno, o consumo para as horas de super vazio, com 9%.

Para os meses de inverno, notou-se um aumento do consumo que poderá ser provocado por uma maior utilização dos aparelhos de Ar Condicionado (AC) para aquecimento. Durante os meses de verão, segundo informação recolhida junto dos utentes, o conforto térmico é maior devido à inércia térmica oferecida pelo edifício, ou seja, o edifício impede de forma bastante eficaz o aumento de temperatura no seu interior.

Custos com Energia

O contrato de compra de energia elétrica celebrado entre o consumidor e o comercializador pode ser adequado conforme os diferentes perfis de consumo, que devem ser analisados com regularidade, de modo a garantir um plano tarifário mais favorável.

O contrato de energia é em média tensão (MT) e o valor da potência contratada é 116,5 kW. Uma vez que na instalação não se registaram consumos de gás natural, o consumo energético total no edifício correspondeu ao consumo de energia elétrica, como se pode observar na tabela 4.

Tabela 4 - Consumos e custos globais de energia

Fonte Energia		Consumo			Custo	
	Unid.	Unid.	kgep ⁶	%	€	%
Electricidade	kWh	105393	30563,97	100	12772 ⁷	100

O custo médio mensal, obtido através das faturas, por unidade de energia elétrica, foi de 0,086763 €/kWh.

Através da análise das faturas correspondentes ao período de Junho de 2011 até Maio de 2012, verificou-se que durante este tempo foi paga uma pequena penalização pela energia reativa consumida e pela energia reativa fornecida. No caso da energia reativa consumida, o valor total registado foi de 3564 kVArh, perfazendo uma módica quantia de 53,22€ na fatura energética, e para a energia reativa fornecida, o total registado foi de 679 kVArh, obtendo-se um total de 7,39€ na fatura energética. Isto revela que o equipamento instalado (Banco de Condensadores) para a correção do fator potência está a funcionar em perfeitas condições e que foi um bom investimento.

4.1.3 Análise dos principais Consumos de Energia

Durante o período compreendido entre os dias 15 e 22 de outubro, procedeu-se ao levantamento exaustivo dos equipamentos existentes e à recolha de dados sobre o consumo de energia.

⁶ Fator de conversão: 0,290 kgep/kWh (Fonte: DGEG)

⁷ Valor total calculado a partir das faturas de eletricidade fornecidas

Alimentação e Distribuição de Energia Elétrica

A instalação é alimentada em Média Tensão, sendo a contagem feita do lado da Baixa Tensão. A distribuição de energia elétrica é feita a partir do Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) que se encontra no Rés-do-Chão. Este está ligado ao Posto de Transformação (PT) que se situa na cave. Ligado ao QGBT, está um Quadro Parcial também situado na cave.

Os quadros elétricos existentes na instalação são:

- QGBT – Quadro Geral de Baixa Tensão R/C
- QP1 – Quadro Parcial na cave (junto ao PT)

Diagrama de Carga

A obtenção do diagrama de carga só foi possível através da utilização de analisadores de potência. A leitura dos dados foi efetuada entre os dias 15 e 22 de outubro de 2012 (durante uma semana), em intervalos de 15 minutos. Após a leitura e armazenagem, procedeu-se à recolha e ao tratamento dos dados, recorrendo ao *software* Microsoft Excel, de forma a se fazer os diagramas de carga, analisar perfis de tensões e de corrente, entre outros.

Na instalação, foram utilizados dois aparelhos de medição, um em cada quadro, para depois se obter uma melhor desagregação nos consumos. No entanto, os dados obtidos no Quadro Parcial foram corrompidos, ou por problemas no aparelho, ou por um mau contato de uma das pinças de tensão. Contudo, os dados medidos no QGBT dão-nos o consumo elétrico total da instalação, uma vez que a distribuição de energia no edifício é feita através do QGBT.

A partir da monitorização realizada ao QGBT, obteve-se o seguinte diagrama de carga semanal:

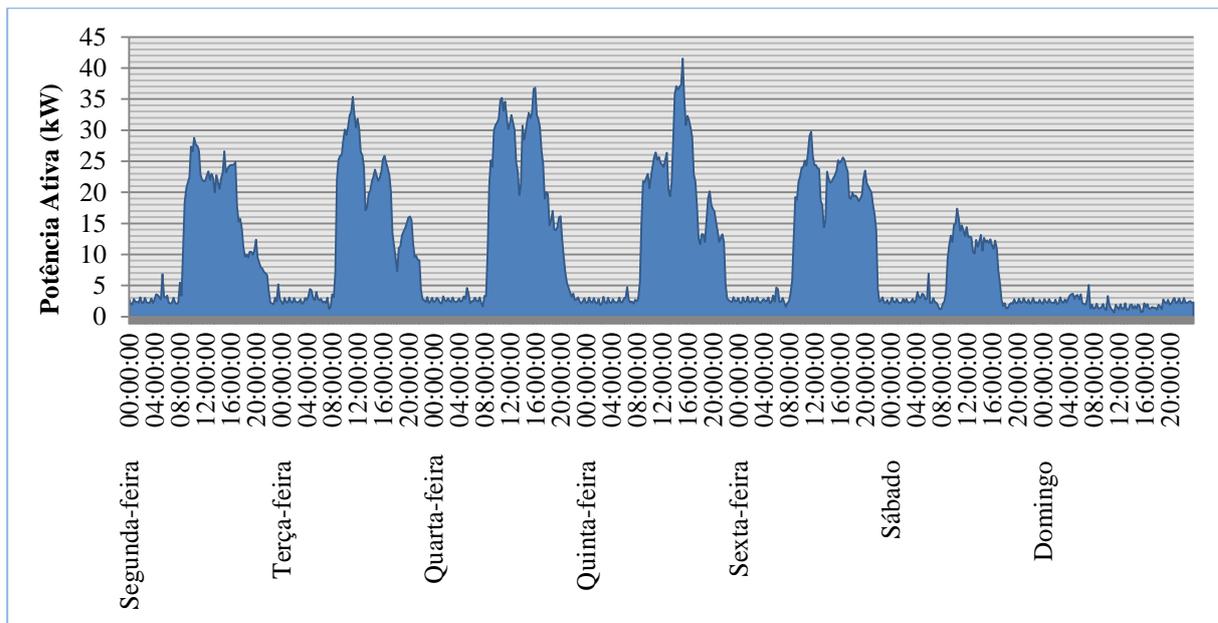


Gráfico 2 - Diagrama Semanal de Carga instalação 1

Pode-se observar que o diagrama de carga semanal do edifício se enquadra num perfil de consumo de um edifício dedicado a práticas letivas/formação, registando-se um consumo elevado durante o dia e um consumo muito baixo, durante a noite. Ao longo da semana, o consumo é semelhante, exceto ao fim de semana, onde se verifica um consumo muito menor. Durante o sábado, o edifício está em funcionamento, mas nota-se que as atividades deverão ser menores, como se pode observar. No decorrer da noite, o consumo médio aproxima-se dos 2,3 kW, resultantes do consumo dos equipamentos em *standby* tais como equipamentos informáticos, elevador, eletrodomésticos do bar e iluminação exterior. No gráfico 2, destaca-se um pequeno pico de consumo, entre as 4:00 e as 8:00, durante a semana. Este pico poderá corresponder à ligação automática do compressor do circuito de ar comprimido de 5kW instalado na envolvente do edifício, uma vez que este se encontra ligado 24 horas por dia. Das medições efetuadas, o valor mais alto registado foi de 41,53 kW, no dia 18 de outubro às 15:15.

Para perceber melhor como a energia é distribuída ao longo da semana pelos diferentes períodos horários, foi criado o gráfico seguinte:

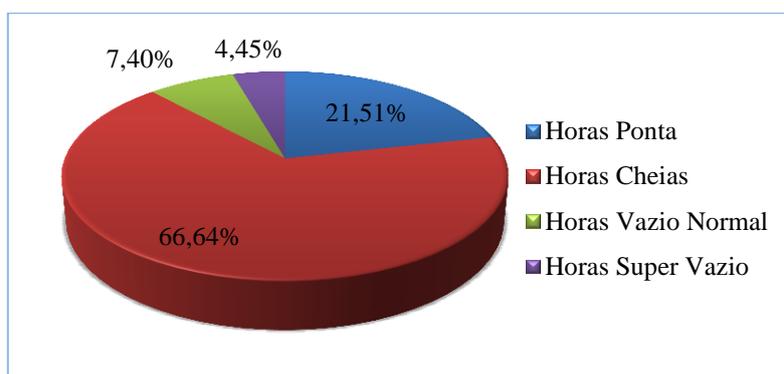


Gráfico 3 - Desagregação Semanal da Energia Ativa

Tal como foi visto anteriormente nas faturas energéticas, nota-se um consumo maior nas horas cheias com 66,64%, seguindo-se depois o consumo em horas de ponta, vazio normal e super vazio.

Através da análise dos dados obtidos na auditoria, também foi possível verificar que os valores do consumo médio estimados se aproximam do valor do consumo médio da instalação, obtido a partir das faturas, o que se pode observar na tabela seguinte.

Tabela 5 - Consumos da instalação

Consumos globais (kWh)		
	Auditoria	Real
Total anual	81389,14	105393

No entanto, verifica-se que existe uma discrepância entre os valores da auditoria e os valores reais obtidos na análise das faturas energéticas. Isto deve-se ao facto de a medição dos valores ter sido feita numa altura de transição de estação do ano (em outubro), em que a maior parte dos sistemas de ar condicionado ainda não se encontram em funcionamento.

Principais Sistemas Consumidores de Energia

De entre os sistemas consumidores de energia, destacaram-se os sistemas de climatização, os sistemas de iluminação e outros equipamentos.

- **Sistemas de climatização**

Na instalação, são utilizadas unidades de ar condicionado semiautónomas individuais para cada espaço, denominadas por *split's*, algumas já com alguma idade. Segundo informações fornecidas pela direção, existia já um plano de renovação destas unidades mais antigas por outras mais eficientes. A potência total instalada para os sistemas de ar condicionado é de 30,675 kW.

A desagregação da potência, referente aos sistemas de climatização, pode ser observada na tabela e gráficos seguintes.

Tabela 6 - Distribuição das unidades de ar condicionado

Tipologia Ar Condicionado	Quantidade	Pot. (W)
AC 18000 BTU - Novos	8	6575
AC 36000 BTU - Novos	1	12850
AC 18000 BTU - Antigos	10	5625
Total	29	30675

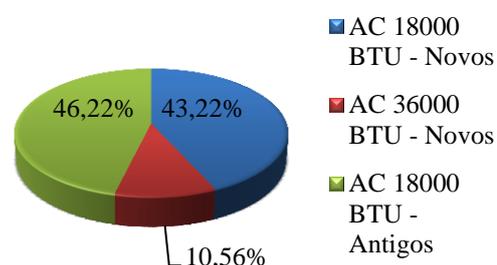


Gráfico 4 - Percentagem de cada tipo de unidade

- **Sistemas de Iluminação**

Durante a auditoria, foi efetuado um levantamento das luminárias, sem caráter exaustivo, mas que permite compreender as características dos sistemas de iluminação mais utilizados.

No edifício, não existem grandes áreas de envidraçado na sua envolvente, não havendo um bom aproveitamento da luz natural. Por esta razão, o edifício foi sujeito a uma remodelação, onde foram criadas diversas claraboias que permitem que o edifício tenha um bom aproveitamento da luz natural. Esta remodelação permitiu reduzir o consumo de energia elétrica, durante o período diurno. Para além disso, também se notou que a iluminação das casas de banho permanecia sempre em funcionamento.

A iluminação interior predominante no edifício é obtida com base em luminárias com lâmpadas fluorescentes tubulares T8 (120 cm e 150 cm), com balastro ferromagnético. Em espaços menos expostos como gabinetes, arrumos, casas de banho, entre outros, são utilizadas luminárias com lâmpadas fluorescentes tubulares T8 (60 cm) com balastro ferromagnético e lâmpadas compactas CFL. São, ainda, utilizadas lâmpadas de halogéneo no auditório e focos para iluminação exterior do edifício, mas em número reduzido. A desagregação da potência, referente aos sistemas de iluminação, pode ser observada na tabela e gráficos seguintes.

Tabela 7 - Distribuição da tipologia de lâmpadas

Tipologia Lâmpada	Quantidade	Pot. (W)
Fluorescente	267	13735,2
Fluorescente Compacta	77	1358
Focos Exteriores	6	3000
Halogéneo	3	300
Total	353	18393,2

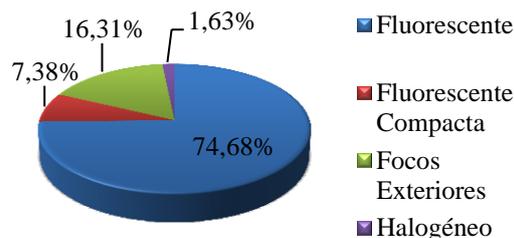


Gráfico 5 – Percentagem de cada tipo de luminária

• Outros equipamentos

Na instalação, são utilizados diversos equipamentos para várias finalidades do edifício. Estes equipamentos estão dispersos pelo edifício e são, sobretudo, sistemas informáticos, multimédia, elevador, equipamentos utilizados no bar, equipamentos específicos para o desenvolvimento das atividades tais como, fornos, estufas, etc. Em relação a estes apetrechamentos, não foi feita nenhuma desagregação de consumos por zona ou por tipos de equipamentos. A potência total para estes equipamentos é de 71,5 kW, os quais podem ser consultados em anexo (Cf. tabela 14).

Desagregação de Consumos

A desagregação do consumo total de energia elétrica, consoante a sua utilização, pode ser observada através da seguinte figura:

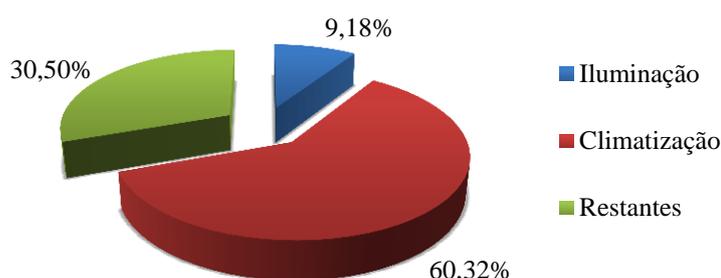


Gráfico 6 - Desagregação do Consumo de Energia Elétrica por Sector

A leitura destes consumos, a partir de medições realizadas nos quadros elétricos, não foi possível pois não se verificou uma divisão muito rigorosa dos circuitos elétricos nos respetivos quadros. Como se sabe, o peso dos sistemas de climatização nos consumos energéticos em qualquer edifício é fortemente afetado pelos hábitos dos seus utentes, e tem uma forte componente de sazonalidade.

Oportunidades de Racionalização de Consumos

A realização desta auditoria teve como principal objetivo identificar as situações ou anomalias detetadas na instalação, de modo a serem definidas intervenções com viabilidade técnico-económica que resultem no aumento da eficiência energética e ou na redução da fatura energética.

As Oportunidades de Racionalização de Consumos (ORC) distinguem-se em dois grupos que diferem um do outro na necessidade de investimento. As ORC que não necessitam de investimento são aquelas que se baseiam nas medidas comportamentais, na manutenção de equipamentos e nas alterações dos contratos energéticos, permitindo um *payback* imediato. Por outro lado, surgem as ORC que necessitam de um investimento que varia consoante as medidas propostas. De uma forma geral, estas medidas procuram minimizar os consumos energéticos e aumentar a eficiência energética, através da instalação de novos equipamentos.

Nesta auditoria, apenas são apresentadas as ORC com necessidade de investimento. As principais medidas de racionalização identificadas para esta instalação são apresentadas na tabela seguinte:

Tabela 8 - Medidas de Racionalização de Consumos identificadas

Medida	Designação	Economia			Investimento (€)	Payback (anos)
		Eletricidade (kWh/ano)	Total (kgep/ano)	Total (Euros/ano)		
1	Iluminação: Controlar circuitos de iluminação de espaços de ocupação ocasional, ou com boa iluminação, através da introdução de detetores de presença, ou de interruptores crepusculares.	b) ⁸	--	--	a) ⁹	Inferior a 1 ano
2	Requalificação do isolamento térmico do edifício, no sentido de reduzir perdas de calor.	a)	a)	a)	a)	a)
3	Introdução de sistema Fotovoltaico de Minigeração de 22,56 kW	30627	8881,8	6584,8	43.950	6,7

⁸ Economias e investimento dependentes da temporização utilizada.

⁹ Economias e investimento dependentes das soluções adotadas.

4	Alteração para balastros eletrónicos	6587	1910	571,51	3204	5,6 ¹⁰
---	--------------------------------------	------	------	--------	------	-------------------

Quanto à iluminação, seria aconselhável a utilização de automatismos que permitissem otimizar o consumo de energia no edifício, principalmente nas casas de banho, visto que a luz permanece sempre ligada, e em espaços comuns com boa iluminação natural. Para além desta medida, seria importante promover ações de consciencialização junto dos utentes sobre boas práticas de utilização de energia elétrica. No entanto, esta medida não foi englobada, pois só foram estudadas as ORC com necessidade de investimento. Relativamente ao isolamento térmico, a instalação de janelas de vidro duplo poderá ser uma das medidas a implementar.

Para o cálculo do *payback* dos sistemas fotovoltaicos o valor de referência utilizado foi de 0,215€/kWh, referente a 2012. Recorreu-se também à utilização de um programa que permite estimar a potência gerada anualmente nos painéis fotovoltaicos, através da sua localização geográfica, inclinação, orientação, se têm um sistema seguidor, tipo de tecnologia, etc. Para a instalação 1, a produção anual dos sistemas fotovoltaicos foi de 30627 kWh/ano.

4.2 Instalação 2

4.2.1 Caracterização da Instalação em Estudo

Neste espaço, encontra-se em laboração uma fábrica de licores. Na figura 5, pode-se observar a vista superior da instalação. A sede da empresa funciona num complexo industrial que sofreu alterações, ao longo do tempo, e é constituído por um conjunto de espaços funcionais, que são descritos da seguinte forma:

- Edifício Administrativo: constituído por várias áreas que vão desde a receção, à loja de produtos da empresa, salas de reuniões e gabinetes;
- Armazém: esta zona está ligada ao edifício administrativo e subdivide-se em dois armazéns. A diferença entre estes dois armazéns é que um deles possui iluminação natural, recorrendo-se ao uso de claraboias, onde a iluminação artificial é pouco utilizada, enquanto no outro armazém a iluminação natural é praticamente inexistente, utilizando-se a iluminação artificial quase permanentemente para iluminação do espaço. Inclui-se nesta última zona o início da linha de engarrafamento e o carregamento das baterias dos empilhadores;

¹⁰ Baseado num perfil de consumo médio de 6 horas

- Fábrica Nova: este edifício foi o último a ser construído e é onde se encontra toda a linha de enchimento, rotulagem e paletização das bebidas. Nesta área, existe uma grande predominância de motores de indução trifásicos de baixa potência (5kW);
- Fábrica Antiga: atualmente esta zona é utilizada mais como armazém embora, esporadicamente, seja utilizada para a produção;
- Envolve: no exterior do complexo, existem alguns equipamentos nomeadamente, um compressor de ar, prensa de cartão, zona de armazenagem de vidro para enchimento, zona de lavagem auto, desperdícios de madeira, entre outros;
- Estação de Incêndios/Bombagem/Adubagem: neste local, encontram-se duas bombas, onde, uma delas é utilizada para a central de incêndio com grupo de socorro a diesel e outra para a bombagem de água. Existe também um motor de indução utilizado na estação de adubagem.



Figura 6 - Vista superior da instalação 2

O complexo onde se insere a unidade de produção possui uma área coberta bruta acima dos 4000m². Apesar desta área, o complexo insere-se no regulamento em vigor para Certificação Energética como um “Pequeno Edifício de Serviços”, pois a área de produção é separada fisicamente da área administrativa. Apenas a área administrativa, cujo valor é inferior a 1000m², é contabilizada para efeitos deste mesmo regulamento. Sendo o complexo considerado como um “Pequeno Edifício de Serviços” (PES), está abrangido pelo RSECE PES (DL 79/2006) (Regulamento de Sistemas Energéticos de Climatização de Edifícios). Esta regulamentação

prevê a certificação do edifício, através da realização de auditorias periódicas à vertente energética e à QAI, sendo atribuída uma classificação ao edifício.

Relativamente à envolvente do edifício, não existe nenhuma documentação técnica que permita obter informações sobre as características técnicas das paredes do edifício. No edifício administrativo, os envidraçados são em caixilharia metálica com vidro duplo.

O edifício também possui consumo de gás natural, embora, segundo a informação recolhida junto dos utentes, a sua utilização seja praticamente residual. Além disto existe ainda um grupo de socorro a diesel para a central de incêndios.

4.2.2 Caracterização de consumos e custos de energia

Consumos de Energia

A análise dos consumos mensais de energia foi possível, através da análise das faturas compreendidas entre dezembro de 2011 e agosto de 2012. No entanto, para os meses de setembro e outubro, os valores de consumo utilizados foram valores médios, pois as faturas referentes a esses meses não foram disponibilizadas. Não foi possível efetuar a desagregação dos consumos segundo os períodos horários, por não constar nas faturas. Para além, disso a opção tarifária escolhida pela empresa não possui essa desagregação.

No gráfico seguinte, são apresentados os consumos mensais, entre dezembro de 2011 e agosto de 2012.

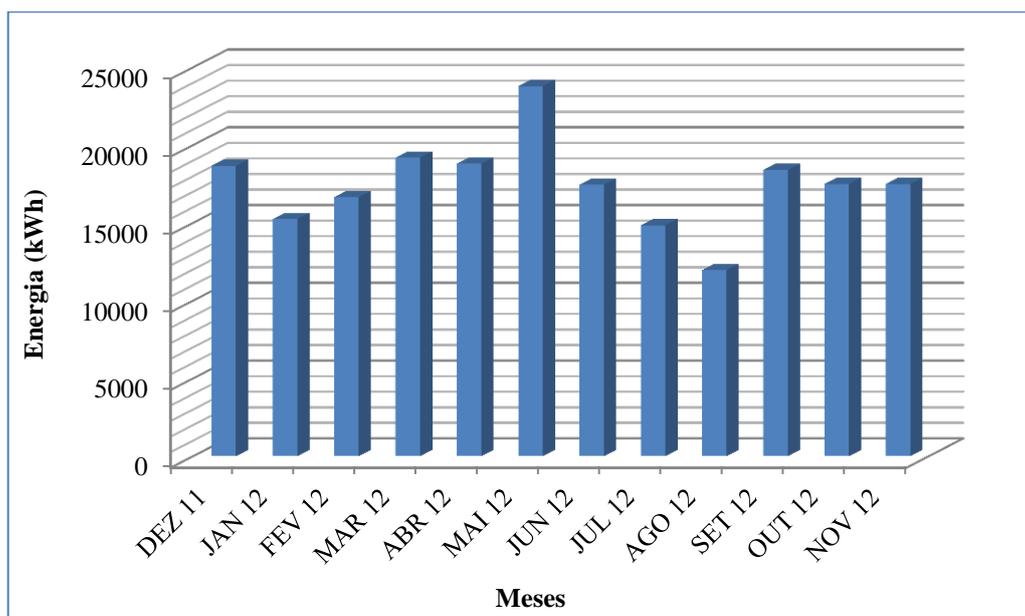


Gráfico 7 - Evolução mensal dos consumos de energia elétrica

Através da análise do gráfico obtido, nota-se que o consumo de energia no edifício apresenta algumas oscilações ao longo dos 12 meses analisados. Estas variações estão relacionadas com a produção dos licores, isto é, está dependente da procura. Por exemplo, o impacto da climatização no edifício administrativo não tem um peso muito grande nos consumos, pois estes dependem maioritariamente das unidades de produção.

Custos com Energia

O contrato de energia é em média tensão (MT) e a tarifa BP>Mensal. O valor da potência contratada não vem discriminado na fatura. Uma vez que na instalação não se registaram consumos de gás natural, o consumo energético total no edifício correspondeu ao consumo de energia elétrica, o que se pode observar na tabela seguinte.

Tabela 9 – Consumos e custos globais de energia

Fonte Energia		Consumo			Custo	
	Unid.	Unid.	kgep ¹¹	%	€	%
Eletricidade	kWh	210052	60915	100	15833 ¹²	100

O valor médio por unidade de energia elétrica para o presente contrato de energia com o fornecedor foi de 0,050529153 €/kWh.

Através da análise das faturas, no período compreendido entre dezembro 2011 e agosto de 2012, foi possível verificar que durante este tempo não houve pagamento de qualquer valor relativo a energia reativa

4.2.3 Análise dos principais Consumos de Energia

Durante o período compreendido entre os dias 20 e 27 de outubro de 2012, procedeu-se ao levantamento exaustivo dos equipamentos existentes e à recolha de dados sobre o consumo de energia da instalação.

Alimentação e Distribuição de Energia Elétrica

O complexo é alimentado em Média Tensão, sendo a contagem feita do lado da Baixa Tensão. A distribuição de energia elétrica é feita através do Quadro Geral de Baixa Tensão

¹¹ Fator de conversão: 0,290 kgep/kWh (Fonte: DGEG)

¹² Valor total calculado a partir das faturas de eletricidade fornecidas

(QGBT) que, por sua vez, está ligado a vários quadros parciais. Os quadros elétricos existentes na instalação são:

- QGBT – Quadro Geral de Baixa Tensão;
- QP1 – Zona de Armazém + Fábrica Nova;
- QP2 – Fábrica Antiga + Edifício Administrativo;
- QP4 – Envolvente (que está pendurado em ambos os quadros parciais)

Apesar de em cada um dos quadros estarem identificadas as respetivas cargas, verificaram-se alguns consumos elevados em quadros onde era suposto existir apenas a iluminação. Uma vez que não se poderia parar a produção, não foi possível identificar que cargas correspondiam a cada um dos quadros.

Diagrama de Carga

Durante a auditoria foram registados os valores necessários para criar os diagramas semanais de carga para os quadros elétricos parciais QP1 (que corresponde ao Armazém e Fábrica Nova) e QP2 (que corresponde à Fábrica Antiga e Edifício Administrativo). As medições foram realizadas entre os dias 20 e 27 de outubro de 2012, em intervalos de 15 minutos. Para tentar obter uma melhor desagregação dos consumos, instalou-se também um dos aparelhos de medição no QP4. No entanto, os dados obtidos neste Quadro Parcial foram corrompidos, ou por problemas no aparelho, ou por um mau contato de uma das pinças de tensão.

O perfil de consumo foi um pouco difícil de classificar pois não se consegue saber ao certo os períodos de funcionamento dos equipamentos, uma vez que os equipamentos só funcionam quando são necessários. Outro fator importante a salientar é o da sazonalidade da produção e referir que, na altura em que os valores foram registados, a fábrica se situava num pico de produção.

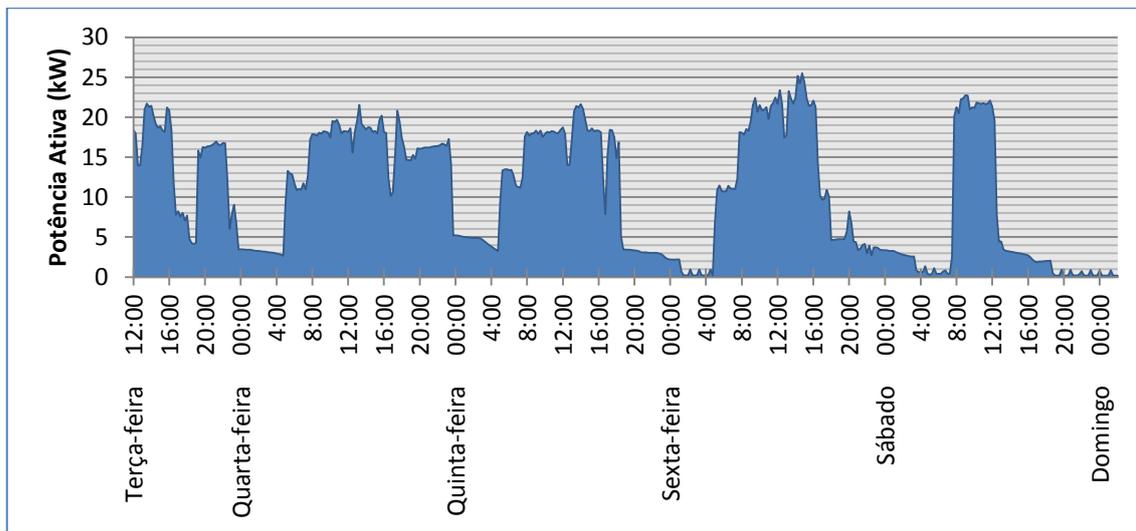


Gráfico 8 - Diagrama Semanal do QP1 – Armazéns e Fábrica Nova

No gráfico 8, observa-se o perfil de consumo para o QP1. Neste quadro, as medições só foram conseguidas entre as 12:30 horas do dia 20 de outubro e as 02:30 do dia 25 deste mesmo mês. De acordo com informações obtidas junto da manutenção, durante a fase da auditoria, o horário de funcionamento da fábrica foi alargado. Por esta razão, nota-se um consumo relativamente elevado no período das 20:00 até às 00:00. A maior parte do consumo registado no QP1 provém da parte da Fábrica Nova, uma vez que no Armazém só existe iluminação. Das medições efetuadas, o valor mais alto registado foi de 23,38 kW, no dia 23 de outubro.

Para o QP2, o perfil de consumo é apresentado no gráfico 9. A maior percentagem do QP2 resume-se ao edifício administrativo, pois durante o período da auditoria a fábrica antiga teve uma utilização muito curta e apenas com consumos relativos à iluminação. Observa-se que no sábado existente no período da auditoria, os escritórios e a produção funcionaram durante o período da manhã. Os picos de consumo são maiores no edifício administrativo do que na fábrica nova onde se processa a produção, isto porque durante o funcionamento da linha de produção os equipamentos existentes funcionam consoante a necessidade (em diferentes períodos de tempo) e porque podem estar ligados outros equipamentos a este quadro parcial (por exemplo, os equipamentos existentes no exterior do complexo). Das medições efetuadas, o valor máximo registado foi de 37,72 kW, no dia 27 de outubro.

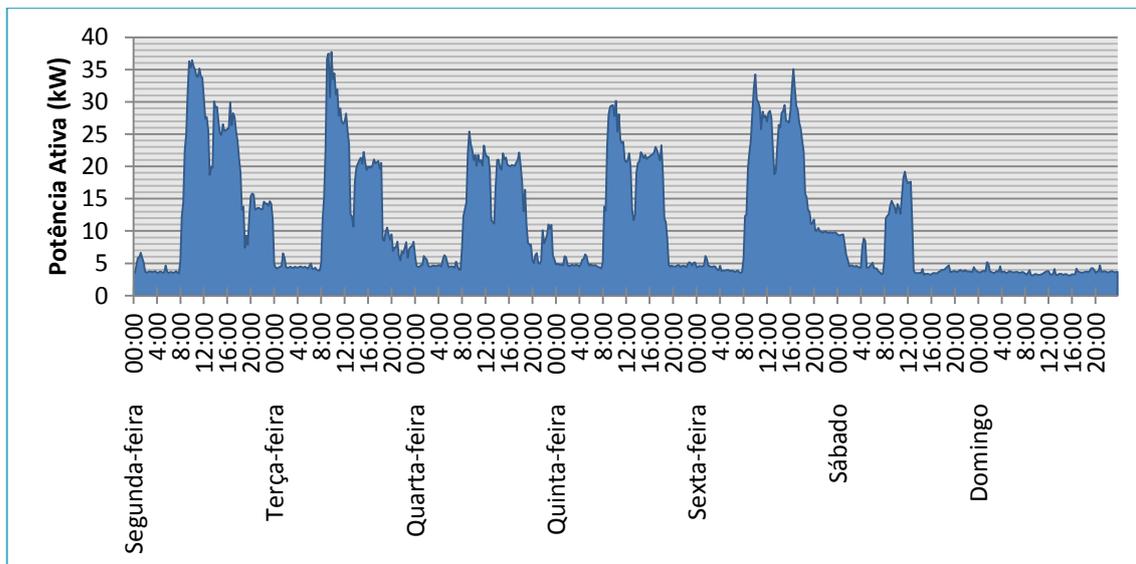


Gráfico 9 - Diagrama Carga do QP2 – Fábrica Antiga e Edifício Administrativo

Para visualizar melhor como a energia é distribuída ao longo da semana pelos diferentes períodos horários, foram elaborados os gráficos seguintes:

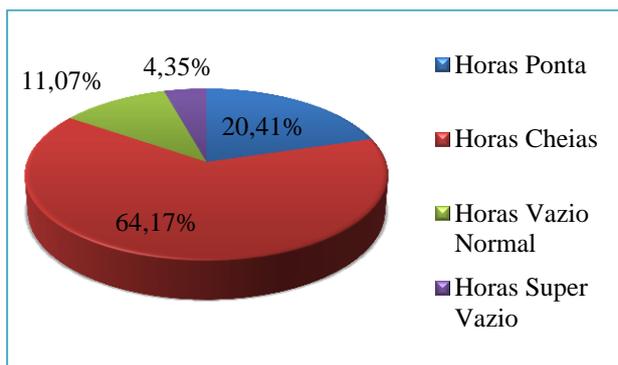


Gráfico 10 - Desagregação Semanal da Energia Ativa por períodos horários do QP1 (Armazém e Fábrica Nova)

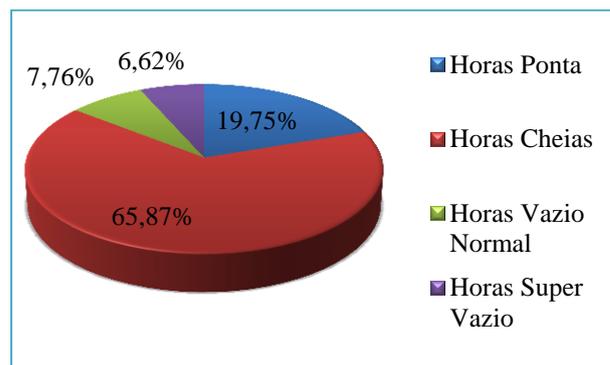


Gráfico 11 - Desagregação Semanal da Energia Ativa por períodos horários do QP2 (Fábrica Antiga e Edifício Administrativo)

Através da análise dos dados, é possível concluir que há um consumo maior em horas cheias, seguindo-se depois o consumo em horas de ponta, vazio normal e super vazio.

Relativamente aos consumos globais da instalação, compararam-se os valores obtidos, a partir das faturas e a partir da auditoria. São estes valores que são apresentados na tabela seguinte.

Tabela 10 - Consumos da instalação

Consumos globais (kWh)		
	Auditoria	Real
Total anual	229 097	210 052

Analisando os valores da tabela 11, verifica-se que existe uma grande discrepância entre os dois valores. Isto justifica-se, pois na altura da auditoria a fábrica estaria num pico de produção, com consumos superiores àqueles que a fábrica tem quando se encontra num estado normal de funcionamento, criando um erro bastante considerável. O facto de não se possuir um perfil de consumo bem definido também contribui para esta diferença entre os dois valores obtidos.

Principais Sistemas Consumidores de Energia

De entre os sistemas consumidores de energia, destacaram-se os sistemas de climatização, os sistemas de iluminação, sistemas ligados à produção e outros equipamentos.

- **Sistemas de climatização**

Na instalação, são utilizadas unidades de ar condicionado semiautónomas individuais para cada espaço, denominadas por *split's*, e uma unidade centralizada. No caso dos sistemas de climatização, não foi possível aferir com medições nem com dados técnicos o consumo da unidade central, pois nem esta possuía chapa de características, nem foram fornecidas informações sobre as unidades. O seu consumo foi por conseguinte, estimado.

- **Sistemas de Iluminação**

Durante a auditoria foi efetuado um levantamento das luminárias, sem carácter exaustivo, mas que permite compreender as características dos sistemas de iluminação mais utilizados.

O complexo não possui grandes áreas de envidraçado na sua envolvente, exceto no edifício administrativo, não havendo um bom aproveitamento da luz natural. No entanto, a ausência de luz poderá ser favorável durante o processo de repouso dos licores na fábrica antiga. Como já foi dito anteriormente, um dos armazéns possui claraboias (telhas translúcidas) que permitem um bom aproveitamento da luz natural, sendo praticamente inexistente a utilização de luz artificial durante o dia. Notou-se que existe alguma preocupação dos funcionários em manter desligada iluminação desnecessária, o que revela boas práticas na utilização de energia elétrica por parte dos utentes.

A iluminação interior predominante no edifício é obtida com base em luminárias com lâmpadas fluorescentes tubulares T8 (150 cm) com balastro ferromagnético. No edifício administrativo, criaram-se boas condições de iluminação, sejam elas para trabalho ou lazer. Nos postos de trabalho são utilizadas, essencialmente, lâmpadas fluorescentes tubulares T8 e CFL.

Nas zonas comuns, são utilizados focos de LED e CFL. No primeiro andar do edifício administrativo existe uma zona de lazer e uma sala de reuniões com iluminação em excesso, sendo utilizados focos de LED e focos de alto brilho para criar zonas de forte iluminância. No entanto, estas zonas são pouco utilizadas, segundo a informação que recolhemos junto do local.

Foi feita a desagregação da iluminação por tipologia, de forma a compreender as características dos sistemas de utilização mais usados, como se pode visualizar na tabela 12 e gráfico 11.

Tabela 11 - Distribuição da tipologia de lâmpadas

Tipologia Lâmpada	Quantidade	Pot. (W)
Fluorescente	152	8616
Fluorescente Compacta	37	666
Led	58	174
Halogéneo	54	2900
Iluminação Exterior	24	7959
Total	325	18393,2

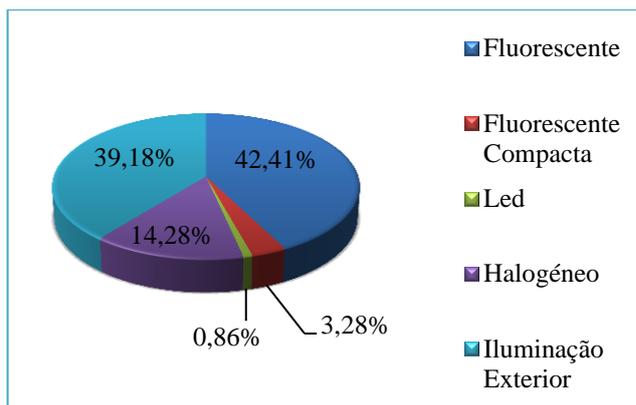


Gráfico 12 - Percentagem de cada tipo de luminária

- **Outros equipamentos**

No complexo, existem vários equipamentos nomeadamente, sistemas informáticos, prensa de papel, carregamento de baterias, etc. Para esta equipagem, não foi feita nenhuma desagregação. A lista dos equipamentos pode ser observada em anexo (Cf. tabela 15).

- **Sistemas ligados à produção**

Dos equipamentos utilizados na produção, destacam-se os motores de indução trifásicos acoplados à linha de enchimento/engarrafamento/encaixotamento e paletização, cuja utilização é muito variável. Em relação a estes equipamentos não foi feita nenhuma desagregação.

Desagregação de Consumos

Aqui optou-se por fazer a desagregação do consumo total de energia elétrica, consoante o local de consumo final. A desagregação dos consumos apresenta-se no gráfico seguinte:

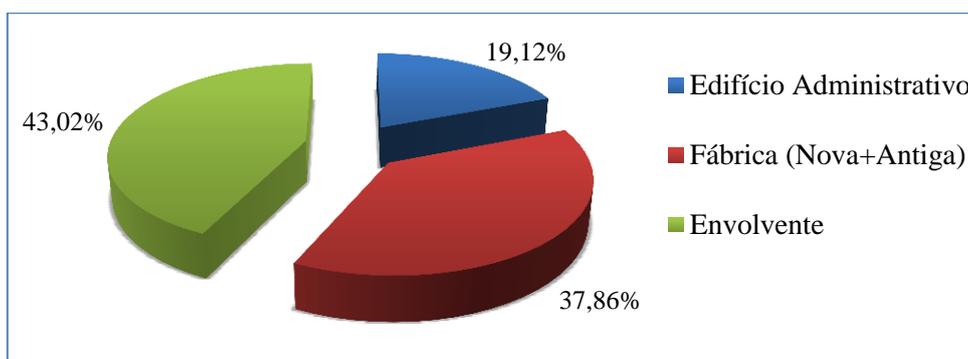


Gráfico 13 - Desagregação do consumo de energia elétrica por local

Através da análise do gráfico, nota-se que o consumo na envolvente do edifício apresenta um valor elevado, o que é normal porque nestes componentes estão agregados os consumos da prensa de cartão e de outros equipamentos, tais como os agitadores dos depósitos exteriores e o compressor de ar. A desagregação foi realizada tendo em conta o perfil de consumo possível para o edifício com a informação fornecida. Relativamente aos sistemas de climatização, o seu peso nos edifícios será em muito afetado pelos hábitos dos utentes e pelas mudanças de estação. Durante a auditoria, notou-se que, num dos gabinetes, a temperatura de conforto utilizada era superior ao normal.

Oportunidades de Racionalização de Consumos

A realização desta auditoria teve como principal objetivo identificar as situações ou anomalias detetadas na instalação de modo a que fossem definidas intervenções com viabilidade técnico-económica que resultassem no aumento da eficiência energética e ou na redução da fatura energética.

As principais medidas de racionalização identificadas para esta instalação são apresentadas na tabela seguinte:

Tabela 12 - Medidas de Racionalização de Consumos identificadas

Medida	Designação	Economia			Investimento (€)	Payback (anos)
		Eletricidade kWh/ano	Total em kgep/ano	Total em Euros/ano		
1	Alteração para balastos eletrónicos	13128	3807,2	663,36	1824	2,7 ¹³
2	Introdução de sistema de minigeração baseado em painéis fotovoltaicos (22,56kW)	33095	9597,55	7115,43	46.750	6,6

¹³ Baseado num perfil de consumo médio de 6 horas

Quanto à iluminação do complexo, não existiram grandes intervenções a realizar no interior a não ser a substituição dos balastros ferromagnéticos por balastros eletrônicos, e na iluminação exterior já haviam sido colocados sensores de movimento e led's, onde era possível a aplicação. O cálculo dos *paybacks* efetuados durante a auditoria foi semelhante ao da instalação 1. Para a instalação 2, a produção anual dos sistemas fotovoltaicos foi de 33095 kWh/ano.

Conclusões

O cenário energético em Portugal tem sofrido grandes alterações nos últimos anos. Esta dinâmica foi impulsionada pela ênfase dada aos problemas energéticos e às energias renováveis no mundo, assim como pelo grande potencial que o país apresenta na exploração de novas fontes de origem endógena. De modo a impulsionar a utilização de fontes de energia renovável para a produção de energia elétrica, o país estabeleceu estratégias necessárias para o seu crescimento. Entre elas, destaca-se a criação do DL n.º34/2011, que define as normas necessárias à instalação de sistemas de minigeração fotovoltaica.

Durante o projeto elaborado em parceria com a SINERGIAE, foram elaborados relatórios das auditorias efetuadas, que tiveram por base as medidas implementadas em [19]. Neste relatório, foram identificadas as oportunidades de racionalização de consumo dos edifícios estudados, no âmbito do Decreto de Lei em vigor para a instalação de sistemas de minigeração fotovoltaicos. Nas ORC, foram sugeridas algumas propostas, que podem ser promissoras, quer em termos financeiros, quer em relação às poupanças de consumo. Constatou-se que, para a instalação 1, o tempo de retorno do investimento dos sistemas fotovoltaicos foi de 6,7 anos, e para a instalação 2, foi de 6,6 anos, considerando a tarifa de referência de 0,215 €/kWh de 2012. Considera-se estes valores aceitáveis no que diz respeito à instalação destes sistemas. Neste caso, o regime remuneratório celebrado para ambas instalações foi o regime bonificado para o escalão I.

Por outro lado, se o registo das unidades de minigeração tivesse sido efetuado em 2013, a tarifa de referência a aplicar seria 0,151 €/kWh. Para este valor, o *payback* obtido para a instalação 1 seria de 9,4 anos, e para a instalação 2 seria de 9,5 anos, verificando-se uma diferença acentuada no período de retorno do investimento. Seria interessante verificar o *payback* dos sistemas fotovoltaicos das instalações caso os produtores acessem ao regime geral, cujo preço de venda da eletricidade é igual ao preço de compra estabelecido entre o produtor e o comercializador. Para o regime geral, o retorno do investimento obtido para a instalação 1 seria de 16,5 anos, e para a instalação 2 seria 28 anos. Desta forma conclui-se que o regime adotado para cada uma das instalações foi o mais favorável.

Foram, ainda, identificadas possíveis intervenções a nível da sensibilização, com o objetivo de alterar alguns comportamentos dos utentes (na instalação 1), o que trará benefícios relativamente aos consumos.

Além disto, também foi possível reconhecer algumas anomalias e condicionantes existentes na instalação destes sistemas, que passamos a explicitar seguidamente.

A quota anual de potência atribuída para a instalação das unidades de minigeração está limitada aos 30MW. O que levou, muitas empresas, que pretendiam integrar-se no setor, a desenvolverem mecanismos de adaptação a esta norma. Em alguns países da União Europeia esta limitação não se verifica. Em Portugal, este valor deveria ser alargado ou até ilimitado, pois a energia produzida através dos fotovoltaicos, acaba por ser mais barata do que importar energia de outros países. Há ainda a exigência do produtor ter que consumir 50% da potência instalada.

Contudo, estas atribuições podem estar relacionadas com os custos adicionais requeridos na reestruturação da rede elétrica para suportar a integração destes sistemas, e na qualidade de serviço fornecido pela rede elétrica, como foi referido anteriormente. Por enquanto, estes investimentos terão que ser adiados, devido à crise económica vivida em Portugal.

O aparecimento de limitações a nível técnico, tem vindo a tornar-se cada vez mais frequente, pois em algumas zonas já se verifica a saturação dos PT, devido ao facto da potência injetada em cada posto não poder ultrapassar 20% da potência dos mesmos. No caso das instalações estudadas, cujo nível de tensão atribuído era MT, a contagem de energia era feita do lado da baixa tensão. No entanto, se a contagem for feita do lado da média tensão, será necessário instalar um PT próprio, que deverá estar ligado em paralelo com o PT do produtor, o que irá constituir um custo adicional.

Atualmente, os custos associados à tecnologia fotovoltaica continua a ser um dos principais entraves à instalação de sistemas fotovoltaicos, no entanto os custos já começam a ser menores, o que se pôde confirmar no presente trabalho. Espera-se que o preço destes sistemas ainda se torne mais competitivo em relação a outras formas de produção de energia elétrica, o que permitirá o desenvolvimento do setor fotovoltaico.

Devido à crise económica vivida em Portugal, os fundos disponíveis para novos projetos de minigeração têm vindo a diminuir. Desta forma, a gestão da procura deverá ser uma prioridade na política energética governamental. Os preços de venda da eletricidade destes sistemas também não são atrativos, conseqüentemente, o investimento torna-se cada vez menos cativante, mas ainda é interessante.

Dos regimes remuneratórios existentes para os escalões II e III, estes aparentam ser mais vantajosos pois o preço de venda estabelecido é atribuído em leilão. Contudo, esta tarifa poderá ser vantajosa ou não. O valor base do leilão seguinte terá que ser inferior ao valor estabelecido

no leilão anterior, por conseguinte a tarifa de venda, ao longo do ano será cada vez menor. Por conseguinte, o preço de venda poderá ser igual ao preço de compra da eletricidade, não se justificando assim o investimento.

Por outro lado, a atribuição de preços por leilão (cujo valor é definido no início de cada mês), torna impossível para qualquer empresa do setor definir uma estratégia. Para o mesmo efeito, também contribui a alteração anual da legislação para a minigeração, cuja informação só é divulgada a 31 de dezembro.

Relativamente às auditorias no âmbito da minigeração, também se observaram alguns aspetos relevantes. As auditorias apenas são obrigatórias no acesso ao regime bonificado. Desta forma, não se garante uma gestão eficiente de energia nas instalações, que não estejam abrangidas por este regime. Para edifícios de grande porte, (como, por exemplo o Forum Coimbra) as auditorias tornam-se muito mais complexas e extensas.

O relatório elaborado durante a auditoria deveria ser assinado pelo engenheiro eletrotécnico responsável, o que não se verificou. Também não existe forma de comprovar, se os valores obtidos durante a auditoria são os reais, e se o relatório entregue à SRMini foi submetido por um engenheiro eletrotécnico. No futuro deveria haver um controlo sobre os valores apresentados na auditoria, isto é, deveriam ser efetuadas fiscalizações anuais para comprovar se o sistema realmente consome metade da potência de produção do fotovoltaico.

As soluções de ligação dos sistemas à rede também apareceram muito depois da entrada em vigor da legislação, e com muitas lacunas, principalmente nas ligações em MT.

Referências

- [1] Hegedus, S. e Luque, A., Handbook of Photovoltaic Science and Engineering Second Edition, New Jersey, pp. 4, 2011.
- [2] Martins, A. e Rodrigues, R., Sistema de Alimentação a Energia Solar. Disponível em: http://paginas.fe.up.pt/~ee97234/Relatorio_final.PDF.
- [3] Solarterra-Soluções em Energia Alternativa, Guia prático. Disponível em <http://mbecovilas.files.wordpress.com/2011/06/energia-solar-fotovoltaica.pdf>.
- [4] e-Learning Tools for Electrical Engineering. Disponível em <http://e-lee.ist.utl.pt/realisations/EnergiesRenouvelables/FiliereSolaire/PanneauxPhotovoltaiques/Cellule/Technologie.htm>.
- [5] Painéis Solares Fotovoltaicos. Disponível em <http://www.troquedeenergia.com/Produtos/LogosDocumentos/SolarFotovoltaico.pdf>.
- [6] e-Learning Tools for Electrical Engineering, acedido a 7 de outubro. Disponível em http://sites-final.uclouvain.be/e-lee/PO/realisations/EnergiesRenouvelables/FiliereSolaire/PanneauxPhotovoltaiques/Principes/Systeme_photovoltaique.htm.
- [7] e-Learning Tools for Electrical Engineering. Disponível em: www.sites-final.uclouvain.be/e-lee/PO/realisations/EnergiesRenouvelables/FiliereSolaire/PanneauxPhotovoltaiques/Principes/Composants.htm.
- [8] Quercus - Associação nacional de Conservação da Natureza. Disponível em: <http://www.quercus.pt/comunicados/2013/329-janeiro/782-apren-e-quercus-analisam-dados-da-producao-de-eletricidade-em-2012>.
- [9] PV Parity. Disponível em: <http://www.pvparity.eu> <http://www.pvparity.eu/news-on-homepage/news-single-view/article/new-press-release/>.
- [10] Thong, V. e Belmans, R., Distributed Generation Overview: Current Status and Challenges, International Review of Electrical Engineering (I.R.E.E), Vol 1, n. 1, pp. 185, 2006.
- [11] Gomes, A., Apontamentos da disciplina de Sistemas de Energia Elétrica I, DEEC-FCTUC.
- [12] Bertani, A., Bossi, C., Foote, C., Massucco, S., Silvestro, F., Summary report on impact of power generators distributed in low voltage grid segments. DISPOWER – Distributed Generation with High Penetration of Renewable Energy Sources, 2005.
- [13] Transcrição de excertos do Programa do XVIII Governo Constitucional para a legislatura de 2009 a 2013. Disponível em http://energia2020.fc.ul.pt/documentos/Politica_Energetica_Programa_GC18.pdf.

- [14] Transcrição de excertos do Decreto-Lei n.º 34/2011, de 8 de março. Disponível em: http://www.renovaveisnadora.pt/c/document_library/get_file?uuid=f95523b7-9929-4c19-aadc-72ce9351bd01&groupId=13360.
- [15] Transcrição de excertos da Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010, de 15 de abril. Disponível em: <http://www.energiasrenovaveis.com/images/upload/RCM292010-ENE2020.pdf>.
- [16] Transcrição de excertos da Resolução do Conselho de Ministros n.º 54/2010, de 4 de agosto. Disponível em: <http://dre.pt/pdf1sdip/2010/08/15000/0319303194.pdf>.
- [17] Transcrição de excertos da Portaria n.º 178/2011 de 29 de abril. Disponível em: http://www.renovaveisnadora.pt/c/document_library/get_file?uuid=b75ba68d-5cd1-40c2-8c9c-78350a7db20d&groupId=13360.
- [18] Transcrição de excertos da Portaria n.º 430/2012, de 31 de dezembro. Disponível em: http://www.renovaveisnadora.pt/c/document_library/get_file?uuid=15e9d7f8-24b4-4b22-ba15-0611abfc6c13&groupId=13360.
- [19] Transcrição de excertos do Despacho do DGEG, de 2 de janeiro de 2013. Disponível em: http://www.renovaveisnadora.pt/c/document_library/get_file?uuid=89a0f337-507b-4536-b61c-0480c82be4ae&groupId=13360.
- [20] Transcrição de excertos do Despacho n.º 17449-2008, de 27 de Junho. Disponível em: <http://dre.pt/pdf2sdip/2008/06/123000000/2809328094.pdf>.
- [21] Almeida, Aníbal Traça Carvalho de; Gomes, Álvaro; Patrão, Carlos; Ferreira, Fernando; Marques, Lino; Fonseca, Paula; Behnke, Rayner, Manual Técnico de Gestão de Energia. Coimbra: DEEC – FCTUC.

ANEXOS

Tabela 13 - Lista de Equipamentos da Instalação 1

Tipo de Luminária/ Equipamento	Quantidade	Potência Unitária(W)	Tipo de Luminária/ Equipamento	Quantidade	Potência Unitária(W)
F60	42	21,6	Máquina Louça	1	3000
F120	26	43,2	Máquinas Vending	2	350
F120 c/sensor presença	14	43,2	TV - LCD	2	37
F150	185	60	Elevador - Iluminação + Motor	1	1600
CFL	73	18	Fotocopiadoras	4	1560W Normal 10W Stand by
CFL peq.	4	11	Impressoras	3	437W Normal 13W Stand by
Focos exteriores	6	500	PC	71	200
AC 18000 BTU - Novos	8	6575	Portátil	6	100
AC 36000 BTU - Novos	1	12850	Projetores	8	250
AC 18000 BTU - Antigos	10	5625	Projetores (150W)	4	150
Bastidores	1	20	Projetores (500W)	2	500
Servidores	1	3000	Central Alarme	1	20
Cabine Extratores 1 CV	3	735,5	Central Incêndio	1	20
Estufas Venticell 55	2	1300W Frio 590W 250°C 5W Stand by	Guilhotina	1	1100
Mesa Serigrafia 0,5 CV	1	367,75	Blocos Emergência	50	10
Máquina Café Corredor	1	80	Compressor	1	5.500
Máquina Café Bar	1	3500	Plotter	2	37,5W Normal 0,65W Stand by
Tostadeira	1	1800	Forno (21kW)	1	21000
Torradeira	1	2000	Forno (3kW)	1	3000
Panela Sopa	1	2500	Termo Acumulador (100L)	1	2000
Frigoríficos	3	350	Focos Halogênio (Auditório)	3	100

Tabela 14 – Lista de equipamentos da instalação 2

Tipo de Luminária/ Equipamento	Quantidade	Potência Unitária(W)	Tipo de Luminária/ Equipamento	Quantidade	Potência Unitária(W)
F120	30	43,2	Ecrã TFT	1	38W Normal 1W Stand by
F150	122	60	Micro Ondas	1	800
CFL	37	18	AC	1	6575
LED	58	3	AC (Split - 36000BTU)	1	12850
Dicróicas	50	50	PC	9	200
Foco Halogéneo	4	100	Portátil	5	100
Luminária LED	2	112	Portão elétrico	1	180
VSBP (Vapor Sódio Baixa Pressão)	1	35	Compressor ar	1	11000
Projeter c/sensor (1000W)	5	1000	Compressor lavagem (6A)	1	1380
Projeter c/sensor (150W)	3	150	Motor rega	2	1.500
Projeter (Philips 150W)	2	150	Queimador +Ventilador	1	6000
Projeter (150W)	2	150	Prensa Papel	1	5500
Foco descarga	11	150	Motor (120W)	1	120
Câmara vigilância	9	8	Motor (130W)	2	130
Bloco emergência	10	10	Motor (180W)	1	180
Central incêndio	1	20	Motor (370W)	4	370
Central alarme	1	20	Motor (750W)	17	750
Carregador Baterias (15A)	1	3450	Motor (790W)	1	790
Carregador Baterias	1	5760	Motor (1,1W)	1	1100
Bomba (4kW)	1	4000	Motor (1,5W)	1	1500
Bomba (17,7kW)	2	17700	Motor (2,2kW)	2	2200
Agitador (Motor)	5	3000	Motor (3kW)	1	3000
Impressora	2	1560W Normal 10W Stand by	Motor (6kW)	1	6000
Persiana elétrica	1	140	Motor (11kW)	1	11000
Máq.gelo	1	150	Motor (25kW)	1	25000