



VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM EMPRESAS ESTUDO DE APLICAÇÃO

INÊS DA SILVA DUARTE

Outubro de 2018

VIABILIDADE DE IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EM EMPRESAS – ESTUDO DE APLICAÇÃO

Inês da Silva Duarte



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia
2018

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

Candidato: Inês da Silva Duarte, Nº 1160059, 1160059@isep.ipp.pt

Orientação científica: Teresa Alexandra Nogueira, tan@isep.ipp.pt

Empresa: Endovélico

Supervisão: André Cruz, andreacruz@endovelico.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2018

Agradecimentos

Quero agradecer, em primeiro lugar, a quem tornou este momento possível, os meus pais. Pelo exemplo, apoio e compreensão incondicional que sempre demonstraram. Quero agradecer às minhas irmãs pela cumplicidade e carinho, por sempre acreditarem em mim. Agradeço também ao Sérgio por todo apoio e companheirismo.

Agradeço particularmente à minha orientadora, Professora Doutora Teresa Nogueira, pela disponibilidade, orientação, compreensão e paciência que sempre manteve para comigo durante estes meses de trabalho.

Agradeço ao meu orientador, Doutor André Cruz, pela disponibilidade, orientação técnica, compreensão e partilha de experiência que sempre teve para comigo durante o decorrer deste trabalho. À Engenheira Rosário Saldanha pela total disponibilidade para atender às minhas dúvidas.

À Nair, Alexandre e Diogo pelos bons momentos que vivemos durante estes dois anos.

Muito obrigada todos.

Resumo

A presente dissertação apresenta um estudo para a viabilidade de implementação de painéis fotovoltaicos em duas empresas, ambas possuem parte fabril. Estas, procuram tornar-se mais sustentáveis na produção da sua energia e também obter alguma poupança económica.

Numa primeira fase, foi feita uma recolha dos consumos energéticos através de fatura de energia ou de dados de consumo. Após isto, segue-se a fase de análise e os respetivos cálculos. Seguidamente, para a fase do dimensionamento utilizou-se o *software Sunny Design Web*. Com este passo conseguiu-se obter as várias configurações de equipamentos bem como um balanço energético entre a energia consumida da rede e vendida à mesma.

Para cada empresa, elaboraram-se vários cenários adequados a cada situação. Por fim, elaborou-se uma análise técnico-económica e retiraram-se as respetivas conclusões sobre o trabalho realizado.

Com este trabalho pretende-se avaliar a viabilidade de introdução de sistemas fotovoltaicos em indústrias e ainda difundir a tecnologia fotovoltaica neste setor tornando o ramo industrial mais sustentável.

Palavras-chave

UPAC, Sustentabilidade, Sistema fotovoltaico, Painéis fotovoltaicos, *Sunny Design Web*

Abstract

This dissertation presents a feasibility study for the implementation of photovoltaic panels in two companies, both of which have a manufacturing unit. The companies seek to become more sustainable in the production of their energy and also to obtain economic savings.

First, a collection of energy consumption was carried out with each company through energy bills or consumption data. After that, the analysis of the consumption profiles was carried out. Then the necessary calculations were made based on the assumptions required by law. The photovoltaic design was then carried out using the Sunny Design Web software. Thus, it was possible to obtain the various configurations of equipment as well as an energy balance between the energy consumed and sold to the power grid.

For each company, several scenarios were elaborated to suit each situation.

Finally, a technical-economic analysis was prepared and the respective conclusions on the work carried out were drawn.

This paper tries to assess the feasibility of introducing photovoltaic systems in industries and also to spread the photovoltaic technology in this sector making it more sustainable.

Keywords

UPAC, Sustainability, Photovoltaic system, Photovoltaic panels, *Sunny Design Web*

Índice

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO.....	III
ABSTRACT.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABELAS.....	XIII
ACRÓNIMOS E SIGLAS.....	XV
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1.CONTEXTUALIZAÇÃO.....	1
1.1.1. Panorama atual.....	1
1.1.2. Sistemas fotovoltaicos no setor industrial.....	2
1.2.OBJETIVOS.....	3
1.3.ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	4
2. CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	5
2.1.TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA.....	5
2.1.1. Princípio de Funcionamento.....	5
2.1.2. Estrutura organizacional de um sistema Fotovoltaico.....	6
2.1.2.1. Encadeamento de células Fotovoltaicas.....	6
2.1.2.2. Inversores fotovoltaicos.....	8
2.1.2.3. Outros componentes.....	9
2.2.TIPOLOGIAS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS.....	9
2.3.TIPOLOGIAS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	11
2.3.1. UPAC – Unidade de produção para autoconsumo.....	11
2.3.2. UPP – Unidade de pequena produção.....	12
2.4.ENQUADRAMENTO LEGAL - LEGISLAÇÃO EM VIGOR.....	13
2.5.SOFTWARE FOTOVOLTAICO UTILIZADO.....	17
3. CARACTERIZAÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO.....	19
3.1.CASO DE ESTUDO 1 – EMPRESA A.....	19
3.1.1. Apresentação da Empresa A.....	19
3.1.2. Dados fornecidos pela empresa.....	19
3.1.3. Medição da área disponível para painéis fotovoltaicos.....	20
3.2.CASO DE ESTUDO 2 – EMPRESA B.....	21
3.2.1. Apresentação da Empresa B.....	21
3.2.2. Dados fornecidos pela empresa.....	21

3.2.2.1.	Planta da cobertura da empresa	21
3.2.2.2.	Diagramas de carga Analisados.....	23
3.2.2.2.1.	Janeiro de 2018	23
3.2.2.2.2.	Fevereiro de 2018.....	25
3.2.2.2.3.	Agosto de 2017	26
3.2.2.2.4.	Dezembro de 2017	28
3.2.3.	<i>Análise conclusiva</i>	31
3.2.3.1.	Perfil Diário.....	31
3.2.3.2.	Perfil Mensal	31
4.	ANÁLISE DA VIABILIDADE DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	33
4.1.	METODOLOGIA DESENVOLVIDA	33
4.2.	DADOS.....	33
4.2.1.	<i>Dados gerais do projeto</i>	33
4.2.2.	<i>Perfil de carga</i>	35
4.2.3.	<i>Painéis fotovoltaicos</i>	36
4.2.4.	<i>Inversores</i>	37
4.3.	SIMULAÇÃO DE SISTEMAS	38
4.3.1.	<i>Simulação da Empresa A</i>	38
4.3.1.1.	Cenário de UPAC sem venda do excedente à rede elétrica	39
4.3.1.2.	Cenário de UPAC com venda do excedente à rede elétrica.....	41
4.3.1.3.	Cenário de UPP.....	42
4.3.2.	<i>Simulação da Empresa B</i>	44
4.3.2.1.	Cenário de UPAC sem venda do excedente à rede.....	44
4.3.2.2.	Cenário de UPAC com venda do excedente à rede	47
4.4.	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS OBTIDOS.....	50
5.	CONCLUSÕES.....	51
5.1.	ANÁLISE CONCLUSIVA	51
5.2.	TRABALHOS FUTUROS.....	51
	REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS	53

Índice de Figuras

Figura 1 - Repartição das fontes na produção de eletricidade em Portugal Continental. (janeiro a agosto de 2017) [2]	2
Figura 2 – Sistema fotovoltaico em setor industrial [11]	3
Figura 3 – Esquema de princípio de funcionamento da célula fotovoltaica e respetivo aspeto exterior [12]	6
Figura 4 - Hierarquia fotovoltaica, célula monocristalina, módulo de células e array fotovoltaico [13]	6
Figura 5 – Ligação física de células fotovoltaicas [4]	7
Figura 6 - Curva I-U para três células solares ligadas em série [4]	7
Figura 7 - Curvas I-U para três células solares ligadas em paralelo [4]	8
Figura 8 – Esquema de ligação da UPAC [9]	11
Figura 9 – Esquema de distinção de contadores em UPAC [14]	12
Figura 10 – Esquema de ligação UPP [9]	13
Figura 11 – Foto através google <i>earth</i> da cobertura da Empresa A e respetiva medição da área	21
Figura 12 – Planta da cobertura da Empresa B	22
Figura 13 - Foto através google <i>earth</i> da cobertura da Empresa A e respetiva medição da área	22
Figura 14 - Perfil diário de energia ativa do mês de janeiro	24
Figura 15 – Perfil de consumo de energia ativa do mês de janeiro	24

Figura 16 - Perfil diário de energia ativa do mês de fevereiro	25
Figura 17 - Perfil de consumo de energia ativa do mês de fevereiro	26
Figura 18 - Perfil diário de energia ativa do mês de agosto	26
Figura 19 – Perfil de consumo de energia ativa do mês de agosto	27
Figura 20 – Perfil diário de energia ativa do mês de dezembro	28
Figura 21 – Perfil de consumo de energia ativa do mês de dezembro	29
Figura 22 – Opção do <i>software</i> que permite escolher o tipo de sistema	33
Figura 23 – Detalhes da configuração do sistema	34
Figura 24 – Gráfico de radiação solar durante um ano na região selecionada	34
Figura 25 – Gráfico de temperatura durante um ano na região selecionada	35
Figura 26 – <i>Input</i> relativo ao perfil de carga	35
Figura 27 – <i>Input</i> da quantidade de painéis fotovoltaicos	36
Figura 28 – Detalhes estruturais dos painéis fotovoltaicos	36
Figura 29 – Detalhes técnicos da configuração fotovoltaica	37
Figura 30 – Detalhes técnicos do cenário em estudo	39
Figura 31 – Balanço energético do cenário em estudo	40
Figura 32 - Detalhes técnicos do cenário em estudo	43
Figura 33 - Detalhes técnicos do cenário em estudo	46
Figura 34 - Balanço energético do cenário em estudo	46
Figura 35 - Detalhes técnicos do cenário em estudo	48
Figura 36 - Balanço energético do cenário em estudo	49

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Resumo de tipologias de painéis fotovoltaicos	9
Tabela 2 – Consumos energéticos e respectivos preços, potência contratada da Empresa A 20	
Tabela 3 – Energia ativa consumida mensalmente	30
Tabela 4 – Quantidade de painéis fotovoltaicos e respectiva taxa de autonomia	45

Acrónimos e Siglas

PB – Payback (Retorno do Investimento)

PF – Painei Fotovoltaico

PF's – Painéis Fotovoltaicos

PI – Potência instalada

PL – Potência de ligação

RESP – Rede Elétrica de Serviço Público

UP – Unidade de Produção

UPAC – Unidade de Produção para Autoconsumo

UPP -Unidade de Pequena Produção

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

1.1.1. PANORAMA ATUAL

A sustentabilidade do planeta é algo de interesse comum a todos os habitantes do planeta Terra. De forma a proliferar esta realidade, o parlamento europeu no final de 2008 através diretiva 2009/28/CE. Estipulou atingir até 2020 as seguintes metas:

- × Reduzir em 20% as emissões de gases com efeito de estufa;
- × Aumentar para **20%** a quota parte das **energias renováveis** no consumo de energia (final);
- × Aumentar para **20% a eficiência energética**;
- × Aumentar para 10% a incorporação de energias renováveis nos combustíveis utilizados nos transportes. [1]

Esta dissertação surge no âmbito de duas destas metas, de forma a tornar a produção de energia nas empresas mais natural tornando as empresas mais amigas do ambiente.

Importa acrescentar que as energias renováveis têm tido uma crescente aceitação e a prova é a Figura 1 que clarifica que de janeiro a agosto do presente ano a produção de energia em Portugal Continental foi maior parte renovável cerca de 55,36% sendo a fósil 44,64%. [2]

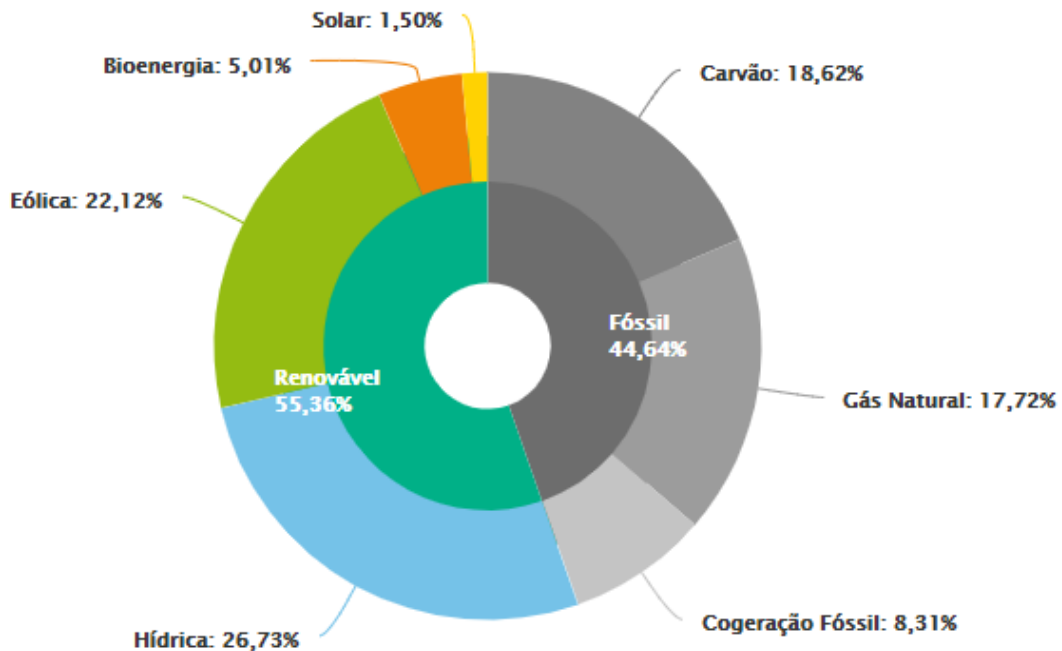


Figura 1 - Repartição das fontes na produção de eletricidade em Portugal Continental. (janeiro a agosto de 2017) [2]

1.1.2. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO SETOR INDUSTRIAL

Portugal é um país que dada a sua geografia se torna bastante propício à utilização das fontes renováveis da energia. O setor das energias renováveis tem tido cada vez mais aceitação pela população em geral. Ainda assim, importa distinguir que os sistemas fotovoltaicos atuam de forma diferente no setor industrial e no setor habitacional. Isto porque, uma habitação doméstica tem um perfil de carga bastante díspar da produção solar. Por outro lado, o setor industrial tem um perfil de carga consentâneo com a produção solar. A Figura 2 ilustra um gráfico em que há variação das horas do dia em função da potência. Nesta imagem observa-se a linha azul que transmite o consumo da indústria durante um dia.

A verde encontra-se a produção solar durante um dia e a vermelho a energia que é retirada da rede elétrica. Verifica-se ainda que sempre que o consumo de energia é superior à produção solar, há energia retirada da rede. Ainda assim, esta situação não é muito frequente. Verifica-se que o perfil de carga é consentâneo com a produção solar.

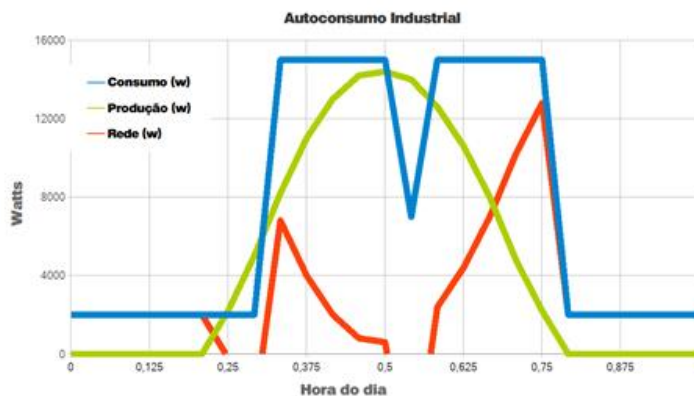


Figura 2 – Sistema fotovoltaico em setor industrial [11]

Com base nesta evidência, surge esta dissertação na qual será possível apurar se os sistemas fotovoltaicos são soluções viáveis para o setor industrial.

1.2. OBJETIVOS

Nesta dissertação, os principais objetivos são elaborar um estudo de viabilidade de implementação de um sistema fotovoltaico para abastecer empresas. Para isso serão analisados os consumos energéticos, área disponível para colocar painéis fotovoltaicos entre outros fatores relevantes. Seguidamente serão efetuados os respetivos cálculos para chegar a um número de painéis e posteriormente introduzido esse valor no *software Sunny Design Web*.

Pretende-se também incentivar as empresas a tornarem-se sustentáveis, rentabilizando o seu espaço disponível, refletindo-se numa poupança energética e económica.

1.3. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho integra cinco capítulos: no primeiro encontra-se a introdução bem como a contextualização do problema que se pretende resolver. O capítulo 2 diz respeito à caracterização do sistema fotovoltaico, este é o capítulo com mais informação técnica. O capítulo 3 apresenta os dois casos de estudo bem como a metodologia de resolução dos mesmos. No capítulo 4 é descrita a implementação da solução e os respetivos resultados. Para finalizar, as conclusões e os trabalhos futuros a realizar estão descritos no capítulo 5.

2. CARACTERIZAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

2.1. TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

2.1.1. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

A tecnologia fotovoltaica tem como princípio de funcionamento o efeito fotovoltaico. Este efeito consiste em converter energia solar em energia elétrica, através de um material semicondutor, gerando eletricidade através da absorção de fótons. [3]

Como se observa na Figura 3 radiação solar (energia solar) alcança a célula fotovoltaica, criando um excesso de elétrons na parte azul e um excesso de “buracos” na parte verde. Formando uma diferença de potencial que gera uma corrente elétrica.

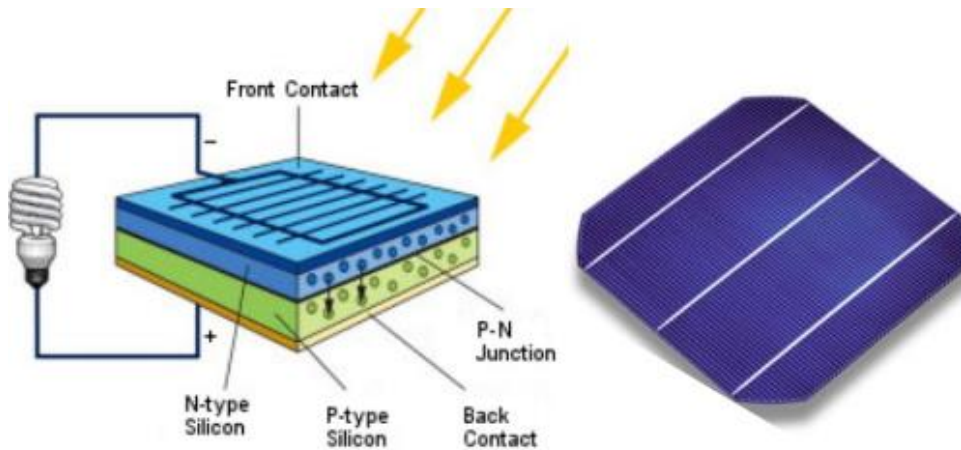


Figura 3 – Esquema de princípio de funcionamento da célula fotovoltaica e respectivo aspeto exterior [12]

2.1.2. ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

2.1.2.1. ENCADEAMENTO DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

A célula fotovoltaica é a unidade base de um sistema fotovoltaico. Ainda assim, esta isolada não desempenha trabalho capaz de abastecer um sistema fotovoltaico. Assim, de forma a desempenhar trabalho útil têm de se conectar umas às outras criando os módulos fotovoltaicos. Vários módulos fotovoltaicos originam um *array* fotovoltaico, como se pode observar na Figura 4.

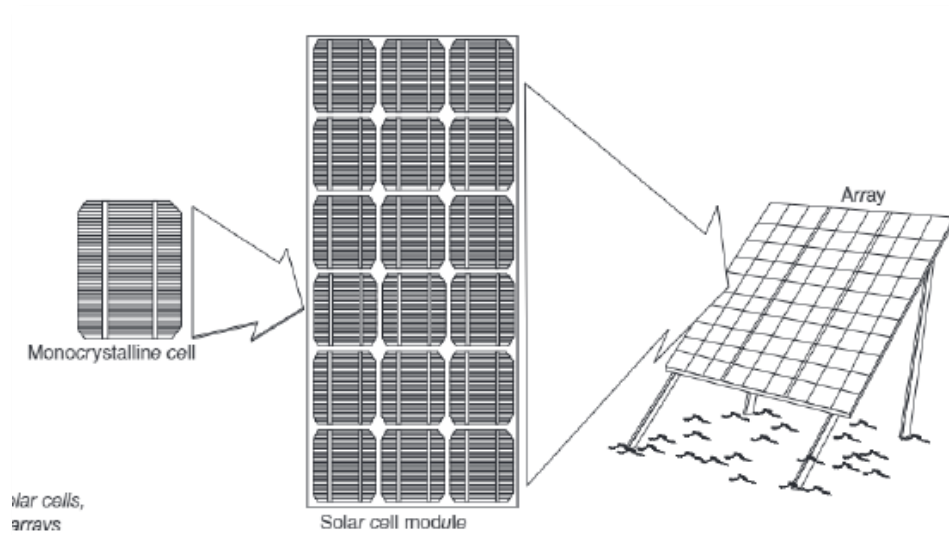


Figura 4 - Hierarquia fotovoltaica, célula monocristalina, módulo de células e array fotovoltaico [13]

A potência de cada célula fotovoltaica é reduzida, assim sendo estas têm que ser encadeadas originando os módulos fotovoltaicos. Na ligação em série, os contactos frontais de cada célula são soldados aos contactos posteriores da célula seguinte. O polo negativo (parte frontal) da célula com o polo positivo (parte posterior) da célula seguinte. Os terminais de início e de fim da fileira de células são estendidos para o exterior, tendo em vista a posterior ligação elétrica. Esta ligação observa-se na Figura 5. [4]

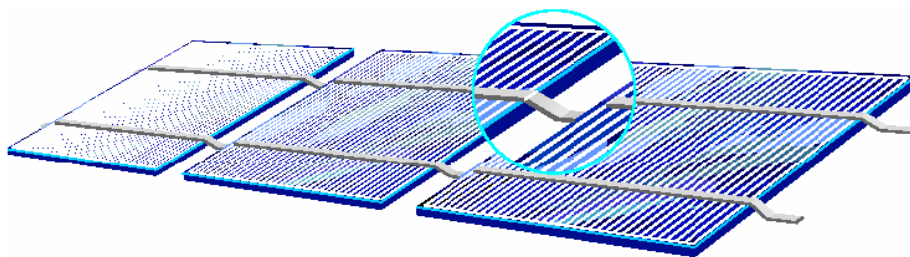


Figura 5 – Ligação física de células fotovoltaicas [4]

De acordo com o que foi referido anteriormente, as células fotovoltaicas são interligadas com objetivo de aumentar a potência útil total. Existem duas possibilidades de ligação das mesmas em série ou em paralelo, sendo a maioria ligadas em série até perfazer os níveis de tensão pretendidos. Na Figura 6 observa-se a mudança de parâmetros elétricos e das curvas características quando se ligam três células em série. Observa-se que a queda de tensão aumenta, enquanto que a corrente permanece inalterada. [4]

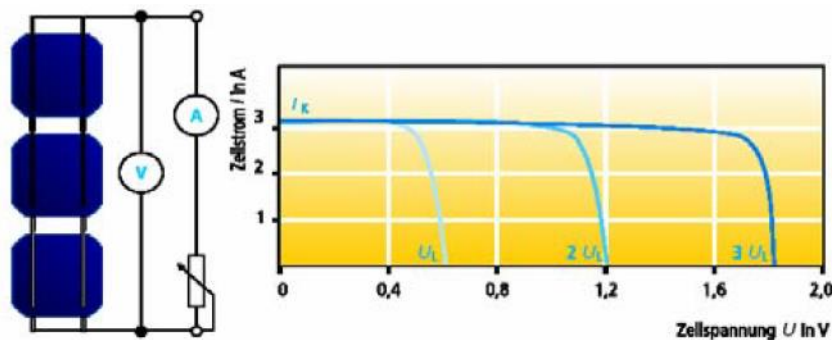


Figura 6 - Curva I-U para três células solares ligadas em série [4]

Para além das células se ligarem em série, podem também ligar-se em paralelo. Este caso ocorre nos módulos de maior potência (é estabelecida a ligação em paralelo entre duas ou mais fileira de 36 células cada). A Figura 7 representa a curva característica de I-V quando três células estão ligadas em paralelo. Nesta situação, a tensão permanece inalterada e a corrente aumenta. [4]

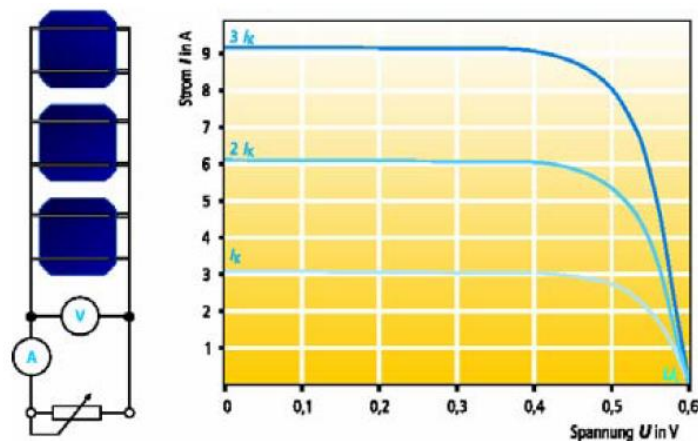


Figura 7 - Curvas I-U para três células solares ligadas em paralelo [4]

2.1.2.2. INVERSORES FOTOVOLTAICOS

O inversor fotovoltaico pode denominar-se de “coração” de um sistema fotovoltaico, quando este se conecta à rede elétrica. Isto porque a maioria das cargas elétricas necessitam de corrente alternada para funcionarem e ainda a ligação dos sistemas fotovoltaicos à rede, implica a presença de um inversor. Este equipamento é responsável por transformar a corrente contínua em corrente alternada. Podem classificar-se em dois tipos de inversores: independentes e de sincronização exterior. Os primeiros são utilizados em sistemas autónomos, sem ligação à rede elétrica e os segundos para sistemas com conexão à rede elétrica. Estes inversores com sincronização exterior, podem ser bidirecionais, isto é, possibilitam a passagem de corrente elétrica em qualquer sentido. Sendo esta característica bastante útil nos sistemas em que a energia é produzida, parte desta é consumida e o excedente é vendido à rede. Esta tipologia de inversores é dotada de controlos e proteções adequados para garantir a segurança do sistema. A eficiência destes equipamentos é bastante boa, cerca de 95%, podendo mesmo ser superior dependendo da potência debitada pelo inversor. [5]

Assim, as principais tarefas do inversor fotovoltaico num sistema ligado à rede são as seguintes:

- Converter a corrente contínua em corrente alternada;
- Permitir alcançar um elevado grau de eficiência do sistema (>95%);
- Sincronizar a corrente dos painéis com a frequência da corrente da rede;
- Monitorizar a rede para a tensão, frequência e impedância da rede de forma a evitar uma advertência de desconexão à rede;
- Preparar condições de dados da ilha de painéis fotovoltaicos (potência, corrente, tensão) através de uma interface externa. [6]

Na presente dissertação apenas serão utilizados inversores da marca SMA, tendo em conta que a empresa na qual está a ser desenvolvido o estágio apenas trabalha com essa marca de inversores.


2.1.2.3. OUTROS COMPONENTES

Para que o sistema fotovoltaico seja possível interligar são necessários outros componentes tais como: disjuntores, terminais para interligação da cablagem e cabos elétricos. Estes devem possuir um bom isolamento bem como secções adequadas para minimizar as perdas.

2.2. TIPOLOGIAS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Tendo em conta a versatilidade de aplicações da tecnologia fotovoltaica esta apresenta-se em vários locais e de várias formas tal como se pode observar na Tabela 1.

Tabela 1 – Resumo de tipologias de painéis fotovoltaicos

Tipo de aplicação	Designação
	<ul style="list-style-type: none">- Painéis giratórios- Acompanham a máxima incidência solar- Colocação em solo



- Montagem fixa

- Podem ser colocados em cima do telhado ou através de estruturas metálicas, podem ser colocados no chão.



- Painéis fotovoltaicos flutuantes, têm uma estrutura plástica que permite que flutuem.

-A sua manutenção é substancialmente mais simples, pois permitem a abertura de corredores entre os painéis facilitando a sua limpeza.



Telha fotovoltaica, enquadra-se na incorporação de tecnologia fotovoltaica na construção civil. Estas telhas substituem as telhas convencionais e ainda produzem energia.



Painéis fotovoltaicos para parques de estacionamento de veículos eléctrico. A energia produzida pelos painéis é logo aproveitada para o carregamento de veículos eléctricos.

2.3. TIPOLOGIAS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Os sistemas fotovoltaicos têm dois tipos de relação com a rede elétrica: conectados à rede elétrica e isolados, ou seja, não conectados à rede elétrica. Na presente dissertação, apenas faz sentido o sistema possuir conexão com a rede. Pelo facto de os painéis fotovoltaicos serem implementados em empresas e estas não têm intenção de se desligar totalmente da rede elétrica. Dentro dos sistemas conectados à rede elétrica existem duas formas de funcionamento legal UPAC (Unidade de Produção para Autoconsumo) e UPP (Unidade de Pequena Produção). Estas designações serão distinguidas nos pontos seguintes.

2.3.1. UPAC – UNIDADE DE PRODUÇÃO PARA AUTOCONSUMO

Relativamente a esta UP, designa-se por UPAC pelo facto de permitir efetuar o autoconsumo. Isto é, neste sistema a energia é produzida pelos painéis fotovoltaicos e consumida pela habitação, sendo o excedente injetado na rede. Este modelo pressupõe a adequação da capacidade de produção ao regime de consumo existente no local, minimizando a injeção na rede elétrica. Este tipo de ligação com a rede está ilustrado na Figura 8. [7]

No que concerne aos equipamentos utilizados são: painel fotovoltaico, inversor e um contador que conte a energia que é injetada na rede. No que respeita ao contador, a UPAC tem sempre no mínimo dois contadores. Um que fica no interior, junto ao inversor que permite efetuar a contagem da energia produzida pelos painéis. Um segundo contador, que fica no exterior, que é o contador de consumo contabiliza a energia consumida da rede. Para este contador exterior podem se adotar duas soluções.



Figura 8 – Esquema de ligação da UPAC [9]

A Figura 9, demonstra as duas possibilidades de contadores exteriores existentes para UPAC. No primeiro caso são dois contadores, um que conta a energia vendida e outro a energia consumido. No segundo caso, apenas um contador de compra/venda, que se designa de contador bi-direcional. Ambos possuem a mesma função de contagem de energia. A nível de instalação elétrica no primeiro caso há a colocação de mais um contador, contador de venda. No segundo casa, há substituição por outro contador sendo este bidirecional. [7]

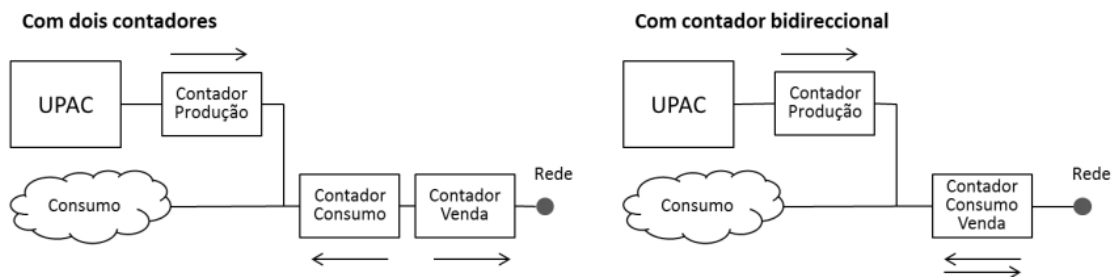


Figura 9 – Esquema de distinção de contadores em UPAC [14]

2.3.2. UPP – UNIDADE DE PEQUENA PRODUÇÃO

Contrariamente ao que foi apresentado no ponto 2.3.1., agora o tipo de ligação é uma UPP. Nesta situação toda a energia produzida é injetada na rede elétrica e posteriormente a habitação retira a energia da rede. Este tipo de configuração é o mais semelhante com o antigo regime de miniprodução e microprodução. A Figura 10 ilustra este tipo de ligação.

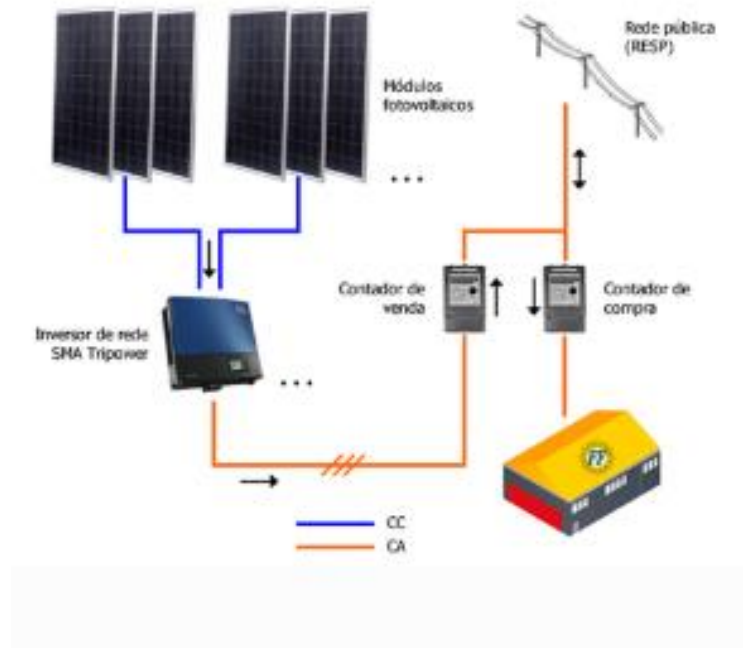


Figura 10 – Esquema de ligação UPP [9]

Relativamente aos equipamentos utilizados são painéis fotovoltaicos, inversores e os respetivos contadores de energia. A UPP, no que diz respeito a contadores possui um contador de produção que contabiliza a energia produzida pelos painéis, sendo a mesma quantidade que é vendida à rede. E um segundo contador, contador de compra que contabiliza a energia retirada da rede. [7]

2.4. ENQUADRAMENTO LEGAL - LEGISLAÇÃO EM VIGOR

Antes de 2014, o que regulamentava o setor das energias renováveis era o DL 25/2013, 2013-02-19. Este dividia as produções fotovoltaicas em dois regimes miniprodução e microprodução. Com esta tipologia de sistema, a venda da energia à rede era remunerada a um preço bastante significativo. O que fez com que os produtores efetuassem sobredimensionamentos das instalações fotovoltaicas, para obter mais lucro consequentemente causava instabilidades na rede elétrica.

Assim sendo, surge a necessidade de revogar este decreto lei com o objetivo de:

× Garantir que as novas instalações de produção distribuída sejam dimensionadas para fazer face às necessidades de consumo verificadas no local;

× Reduzir a vertente de “negócio” associada ao regime de miniprodução e microprodução, que motiva o sobredimensionamento das centrais e o consequente sobrecusto para o sistema elétrico; [7]

Com base nisto surge o DL atual que divide as unidades de produção em UPAC e UPP. A introdução das energias renováveis na RESP (Rede Elétrica de Serviço Público) está a emergir e a criar um interesse por parte dos consumidores de energia. Ainda assim, há necessidade de uma legislação adequada, de forma a que esta introdução se torne mais segura e justa, de acordo com cada tipo de consumidor. O DL que atualmente vigora para legislar este assunto é o **DL n.º 153/2014 de 20 de outubro** e, ainda, a **portaria n.º 14/2015 de 23 de janeiro**. De salientar que este DL n.º 153/2014 veio revogar alguns decretos neste âmbito tais como microprodução e miniprodução, sendo este o mais atual. Importa referir que este novo de veio mudar o paradigma associado à produção fotovoltaica. Isto é, o DL antigo estava muito associado à vertente **de negócio**. Esta revogação fez com que essa ideia fosse dissuadida e apela à **eficiência energética**, isto é, os painéis fotovoltaicos são dimensionados apenas com as reais necessidades requeridas.

Estes dois documentos são os mais atuais que regulamentam os casos de estudo que serão elaborados na presente dissertação. Atualmente o DL n.º 153/2014 de 20 de outubro esclarece as principais dúvidas sobre o regime de funcionamento dos sistemas de produção de eletricidade descentralizada a partir de recursos renováveis. A UP (Unidade de Produção) tem de possuir uma instalação que utilize a energia elétrica produzida pela mesma, com consumo efetivo e apresentar um contrato de fornecimento de eletricidade celebrado com um comercializador. Importa referenciar a existência de dois tipos de regime de produção são eles UPAC (Unidade de Produção para Autoconsumo) e UPP (Unidade de Pequena Produção). Num regime UPAC o sistema é dimensionado de acordo com o perfil do sistema que irá consumir a energia produzida. O produtor de energia, apenas, beneficia quando a unidade de produção é dimensionada tendo em conta as efetivas necessidades de consumo da instalação. Neste regime o produtor realiza o autoconsumo e o excedente é injetado na RESP, se esta reunir as condições necessárias. Quando a PI (Potência Instalada) é superior a 1 MW, a respetiva instalação e exploração carecem de uma licença de produção e de exploração. Caso a PI da UPAC seja superior a 200 W e inferior a 1.5 kW ou se a instalação não se encontrar ligada à RESP, é apenas necessário efetuar uma mera comunicação prévia

de exploração. Por outro, se a PI da UPAC for inferior a 200W esta fica isenta de controlo prévio.

No regime UPP permite ao produtor vender a totalidade de energia elétrica à RESP com tarifa atribuída, tendo por base um modelo de licitação, no qual os concorrentes oferecem descontos à tarifa de referência. Este modelo funciona como um leilão, ou seja, serão leiloados vários valores de desconto que depois se mantêm válidos, durante os 15 anos subsequentes. Para que seja considerada uma UPP, a PL (Potência de ligação) à rede tem de ser inferior a 250 kW e a energia produzida é destinada à venda à rede na sua totalidade. No entanto a PL não pode ser superior à quota anual de 20 MW, sendo a contagem feita por telecontagem por meio de um contador bidirecional, cujo objetivo é facilitar o controlo energia produzida e consumida. Para além disso, a potência de injeção da UPP não pode ser superior a 250 kW, nem superior a 100% da PC no contrato de fornecimento de energia à instalação de utilização.

No que diz respeito ao regime remuneratório, pode analisar-se o artigo 30.º no qual está descrito o funcionamento ao acesso remuneratório, este está dividido em três categorias (Categoria I, II e III). Na categoria I insere-se o produtor que pretende uma UPP, nos termos do presente decreto-lei. A categoria II, destina-se ao produtor que, para além da UPP, nos termos do presente decreto lei, pretende que, no local de consumo associado àquela, se introduza uma tomada elétrica para o carregamento de VE, nos termos de DL n.º39/2010, de 26 de abril, alterado pela Lei n.º 64-B/2011, de 30 de dezembro e pelos DL n.ºs 170/2012, de 1 de agosto, e 90/2014, de 11 de junho; ou seja, proprietário ou locatário de um VE. No que diz respeito à categoria III encontra-se o produtor que, para além da UPP, nos termos do presente decreto lei, pretende no local de consumo associado àquela colocar coletores solares térmicos ou caldeira de biomassa. Estas categorias diferenciam no preço da energia, de acordo com a sua especificidade. A energia elétrica produzida pela UPP e entregue à RESP é remunerada pela tarifa atribuída nos leilões, nos quais cada concorrente oferece um valor de desconto. Por fim é feito um ajuste com base na respetiva categoria. A tarifa de remuneração varia de acordo com o tipo de energia primária utilizada. Ainda assim existem alguns requisitos para o acesso ao registo de uma UP, são eles: possuir um pedido de registo de uma instalação de utilização de energia elétrica e, no caso desta instalação se encontrar ligada à RESP, seja titular de contrato de fornecimento de energia celebrado com um comercializador de eletricidade. A PL da UP tem que ser inferior ou igual a 100% da PI no

contrato de fornecimento de energia. Quando a UP possui um regime UPAC, a potência instalada não pode ser superior a duas vezes a PL. Caso o regime que vigora seja UPP, a energia consumida na respectiva instalação tem que ser igual ou superior a 50% da energia produzida pela respectiva unidade. Sempre que o objetivo seja conectar a UP à RESP, é importante verificar as condições para que se possa proceder a essa conexão. O promotor deve verificar as condições técnicas de ligação e verificar a possibilidade de receber alguns excedentes efetuando, previamente, a medição de tensão no local. Sendo salvaguardadas as condições técnicas estabelecidas. É do conhecimento geral que o produtor possui direitos e deveres. Estes vão ser elencados, no entanto, apenas os mais pertinentes. Pois, de acordo com o tipo de regime UPAC ou UPP assim variam os direitos e deveres. Os direitos do produtor num regime de autoconsumo: - Consumir a energia gerada pela UPAC, bem como exportar eventuais excedentes para a RESP, nos termos previstos, sendo obrigatória a contagem da energia produzida pela UPAC com PI superior a 1,5 kW e que se encontre ligada à RESP. - Sempre que aplicável, estabelecer um contrato de venda da eletricidade proveniente da UPAC não consumida na instalação elétrica. De referir que se a energia proveniente da UPAC, for de fonte renovável e a PI não ultrapassar 1MW, o produtor pode celebrar um contrato de venda da eletricidade produzida e não consumida. Relativamente à UPP os direitos do produtor são os seguintes: - Ligar a UPP à RESP, apenas, após a emissão do certificado de exploração. - Celebrar o contrato de venda da totalidade da eletricidade proveniente da UPP, tendo por base exclusivamente uma tecnologia de produção. No que concerne aos deveres do produtor, tem-se conhecimento dos seguintes pontos: - Suportar os custos da ligação à RESP, incluindo os custos com os contadores que contabilizam a totalidade de energia produzida pela UPAC, bem como o total da energia injetada na rede. - Entregar à RESP a totalidade da energia ativa produzida na UPP líquida do consumo dos serviços auxiliares. - Dimensionar a UPAC o mais aproximado possível das necessidades de energia elétrica da instalação de consumo. - Fornecer à DGEG as informações e dados técnicos de valores relativos à eletricidade produzida na UP. - Assegurar que os equipamentos instalados são todos certificados nos termos da lei em vigor. - Terminada a atividade possui a responsabilidade de desativação e remoção da UP. [8]

2.5. SOFTWARE FOTOVOLTAICO UTILIZADO

Atualmente existe uma coletânea de *software* disponíveis para trabalhar a tecnologia fotovoltaica. Desta forma, optou-se por utilizar o *Sunny Design Web 3*, pelo facto de ser o programa utilizado em inúmeros projetos desenvolvidos pela Endovélico. Este programa é da marca SMA, gratuito apenas é necessário fazer um registo. Permite seleccionar o tipo de sistema fotovoltaico e ainda efetuar uma configuração técnica do sistema fotovoltaico no que respeita a quantidade de painéis, inversores e acumuladores de energia. Posteriormente, apresenta os consumos energéticos permitindo uma análise detalhada de balanços energéticos.

Assim considerou-se este *software* bastante completo e ia de acordo com o pretendido neste projeto.

3. CARACTERIZAÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO

Após o contacto da Endovélico com as empresas em estudo, estas mostraram imenso interesse em colocar os painéis fotovoltaicos. Desta forma será apresentado em detalhe nos casos de estudo que se seguem.

3.1. CASO DE ESTUDO 1 – EMPRESA A

3.1.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA A

Esta empresa fica situada na zona industrial de Ovar, tem cerca de 18 anos e a sua área de atuação reside no fabrico de poliestireno extrudido. É pioneira em Portugal no fabrico de placas rígidas de espuma de poliestireno, isolamento térmico de elevada qualidade e desempenho preferencial na construção civil. [9]

3.1.2. DADOS FORNECIDOS PELA EMPRESA

Fatura Energética

Após a reunião com o engenheiro da Empresa A, este ficou de enviar uma fatura de energia, os valores importantes retirados da mesma encontram-se na Tabela 2. Ainda informou que os consumos são muito similares durante todo o ano de trabalho.

Isto posto, analisou-se a fatura na qual se verifica que o consumo mensal é de **391 664 kWh** e o preço da mesma **47 488,52€**. Extrapolando para um ano obtém-se o valor de **469 996 8 kWh** e o respetivo preço é **569 862€**. E ainda se consegue apurar o valor da potência contratada que é 855 kVA para a fatura deste mês. Tendo em conta que durante a reunião com o engenheiro responsável ele nos informou que a potência contratada era ajustável, que acordo com as necessidades mensais. Esta informação está descrita na Tabela 2.

Tabela 2 – Consumos energéticos e respetivos preços, potência contratada da Empresa A

	Energia consumida (kWh)	Preço (€)
1 mês	391 664	47 488,52
1 ano	469 996 8	569 862
Potência Contratada	855 kVA	

3.1.3. MEDIÇÃO DA ÁREA DISPONÍVEL PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Tendo em conta que a empresa não forneceu qualquer planta das suas instalações, para saber que quantidade de painéis é possível colocar, recorreu-se ao *Google Earth Pro*. Observe-se a Figura 11 da qual se depreende que a área disponível é aproximadamente **5 507 m²** e o perímetro é aproximadamente 354 m.

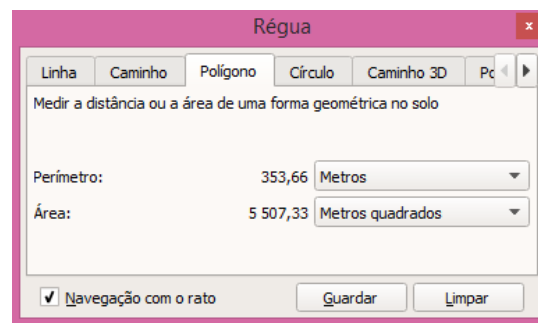


Figura 11 – Foto através google *earth* da cobertura da Empresa A e respetiva medição da área

3.2. CASO DE ESTUDO 2 – EMPRESA B

3.2.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA B

A Empresa B é uma empresa cuja sua área de intervenção consiste em produzir betoneiras. Esta demonstrou preocupações ambientais bastante elevadas e ainda devido a problemas técnicos no telhado da fábrica vão ter que o substituir. Assim sendo, querem fazer a substituição e introduzir painéis fotovoltaicos. Esta empresa facultou a planta da área onde querem colocar os painéis fotovoltaicos e ainda forneceu os dados que permitem obter os digramas de carga durante 1 ano de laboração. Estes dados serão analisados detalhadamente neste capítulo, tendo em conta que através do perfil de carga se consegue apurar com muito pormenor o funcionamento da empresa e os consumos reais de energia.

3.2.2. DADOS FORNECIDOS PELA EMPRESA

3.2.2.1. PLANTA DA COBERTURA DA EMPRESA

A Empresa B forneceu planta da cobertura, na qual queria colocar a instalação fotovoltaica. Assim, com base nesta através do *Google Earth Pro* efetuou-se a medição da área disponível.

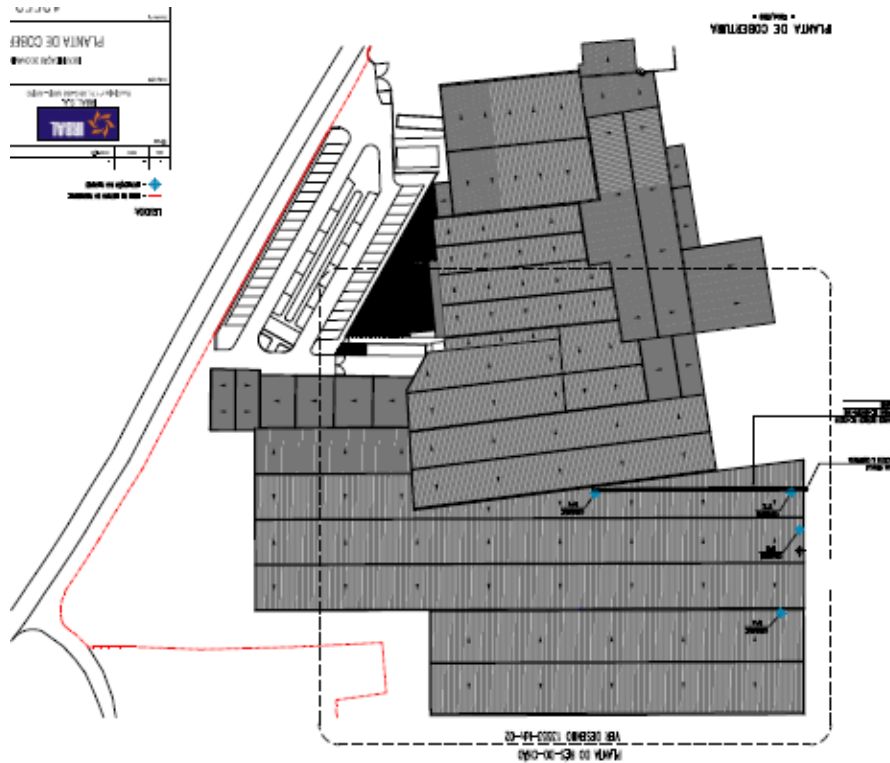


Figura 12 – Planta da cobertura da Empresa B

Desta forma, delineou-se a área disponível como se vê na Figura 13. E obteve-se o valor de aproximadamente **13 703 m²** e o perímetro aproximadamente 609 m.

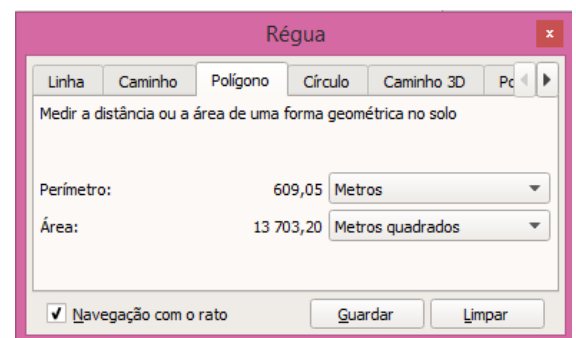


Figura 13 - Foto através google *earth* da cobertura da Empresa A e respetiva medição da área

3.2.2.2. DIAGRAMAS DE CARGA ANALISADOS

Como já foi referenciado anteriormente, esta empresa forneceu os seus dados de energia consumida de hora a hora através de uma folha de dados Excel. Assim, obtiveram-se os respetivos gráficos para simplificar a análise. A empresa enviou os dados totais de energia, isto é, energia ativa e energia reativa. A energia reativa toma valores significativos, isto é a empresa paga a energia reativa. Ainda assim, só se irá analisar a energia ativa, tendo em conta que apenas esta é relevante para o dimensionamento fotovoltaico.

Neste ponto, será analisada a energia ativa durante um ano de laboração da Empresa B. Tendo em conta que os dados fornecidos foram horários, optou-se por elaborar dois tipos distintos de gráficos. O primeiro gráfico transmite a **variação da energia ativa durante um dia típico** de laboração bem como o segundo gráfico do **consumo de energia ativa diário durante um mês**. Para a elaboração do perfil diário de energia ativa, obteve-se o valor médio de energia atingido para as diferentes horas durante o mês. E assim consegue-se verificar a variação de energia ativa média durante um dia de laboração. No que concerne ao segundo gráfico, a sua elaboração consiste em somar o consumo de energia de um dia de trabalho e durante um mês. A razão pela qual se optou por realizar estes gráficos foi que através da análise do perfil diário será possível determinar se a produção solar é consentânea com o perfil de consumo de energia da indústria. Com base no gráfico que descreve o perfil mensal pode constatar-se a equidade ou diversidade de consumo de energia de dia para dia bem como de mês para mês.

Após esta minuciosa verificação, tendo em conta que a Empresa B, não forneceu nenhuma fatura de energia. Falta aferir um dado bastante importante, qual o valor da potência contratada, contactou-se novamente a Empresa B, para conceder esse valor sendo este **281 kVA**.

Seguidamente irão apresentar-se algumas figuras que ilustram o perfil diário e o perfil mensal de alguns meses do ano. Optou-se apenas por colocar alguns meses tendo em conta que os perfis são muito semelhantes de mês para mês. Por fim, irá apresentar-se uma tabela resumo respeitante aos consumos de todo o ano de laboração.

3.2.2.2.1. JANEIRO DE 2018

A Figura 14 está representada a variação da energia ativa durante um dia típico de laboração do mês de janeiro.

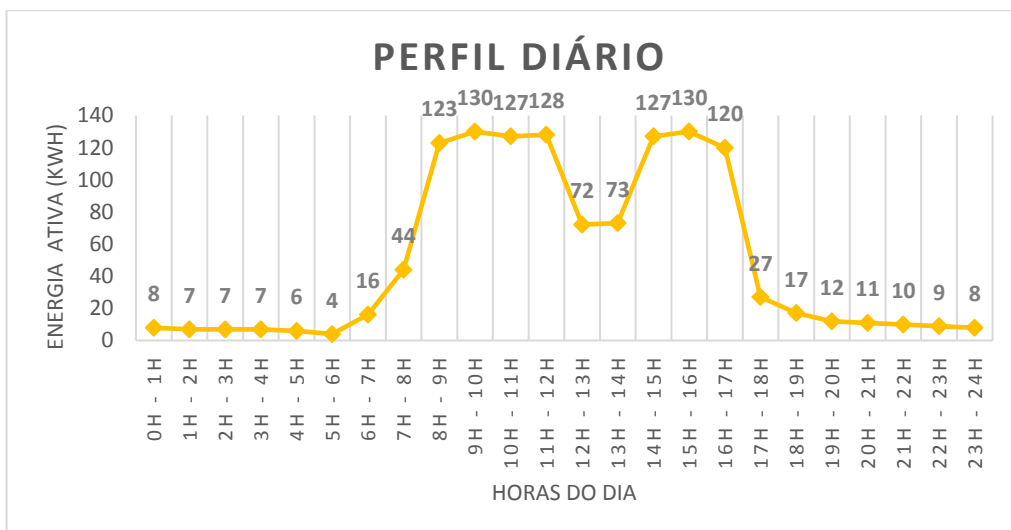


Figura 14 - Perfil diário de energia ativa do mês de janeiro

Verifica-se que a energia mínima atingida durante o dia foi **4kWh** entre as 5h e 6h da manhã e a energia máxima foi **130kWh** pelas 9h a 10h da manhã e entre as 15h e 16h da tarde.

Na Figura 15, apresenta-se o perfil de consumo de energia mensal de janeiro. Isto é a quantidade de energia que foi consumida em cada dia do mês.

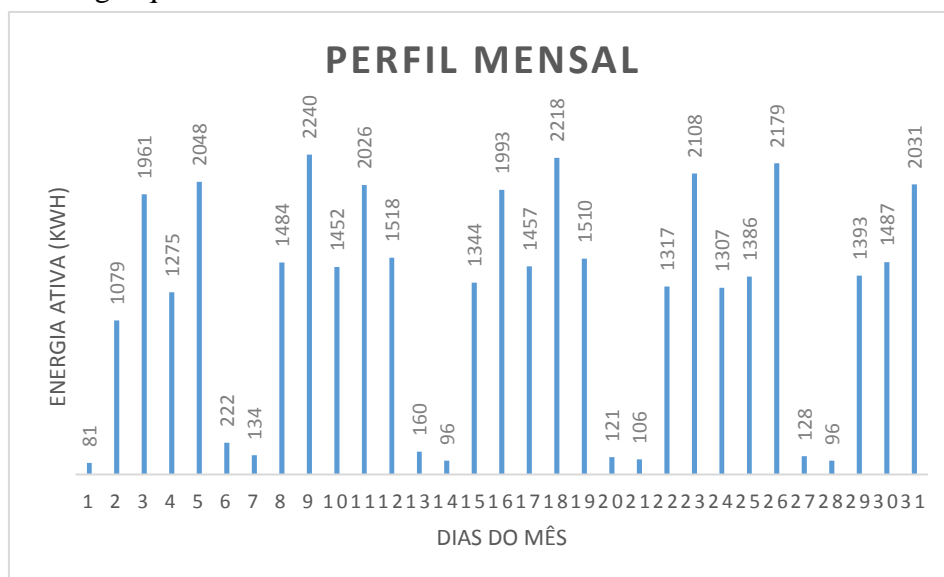


Figura 15 – Perfil de consumo de energia ativa do mês de janeiro

Tendo por base a análise a Figura 15, observa-se que o dia de maior consumo foi 9 de janeiro com o valor de **2240 kWh** e o dia de menor consumo foi 1 de janeiro com o valor de **81 kWh**. Este valor é justificável pelo facto de ser feriado. Pode-se constatar que durante

os fins de semana também há um decréscimo substancial do consumo de energia, comparativamente com os dias de semana.

3.2.2.2.2. FEVEREIRO DE 2018

A Figura 16 está representada a variação da energia ativa durante um dia típico de laboração do mês de fevereiro.

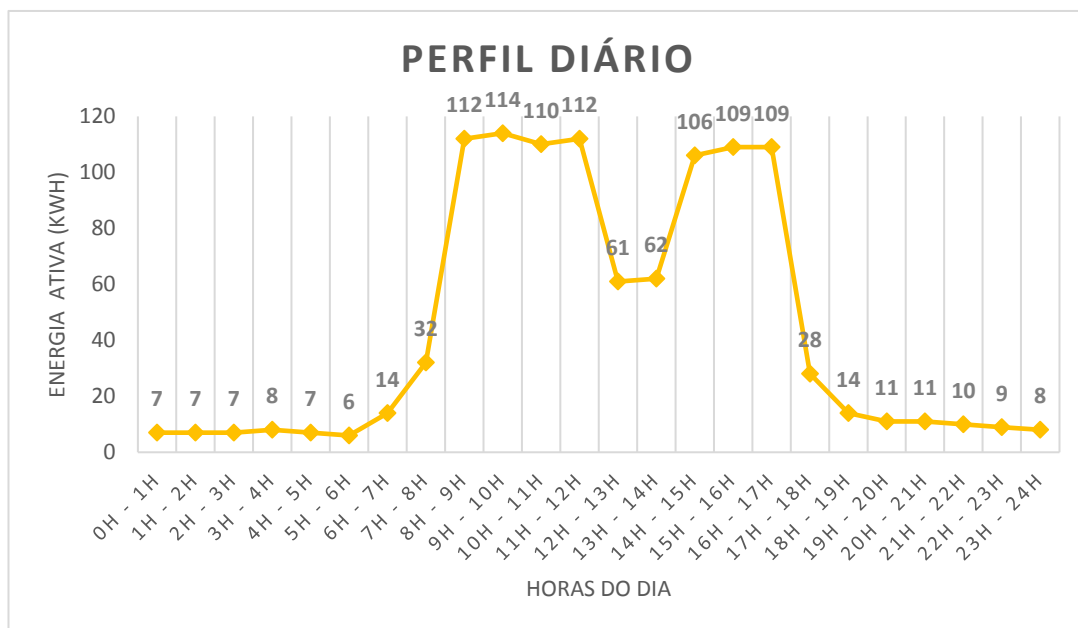


Figura 16 - Perfil diário de energia ativa do mês de fevereiro

Verifica-se que o valor mais baixo de energia ativa foi **6 kWh** que se atingiu entre as 5h e 6h da manhã e o valor máximo de energia foi atingida entre 9h e as 10h tomando o valor de **114 kWh**.

Na Figura 17, apresenta-se o perfil de consumo de energia mensal de fevereiro. Isto é a quantidade de energia que foi consumida em cada dia do mês.

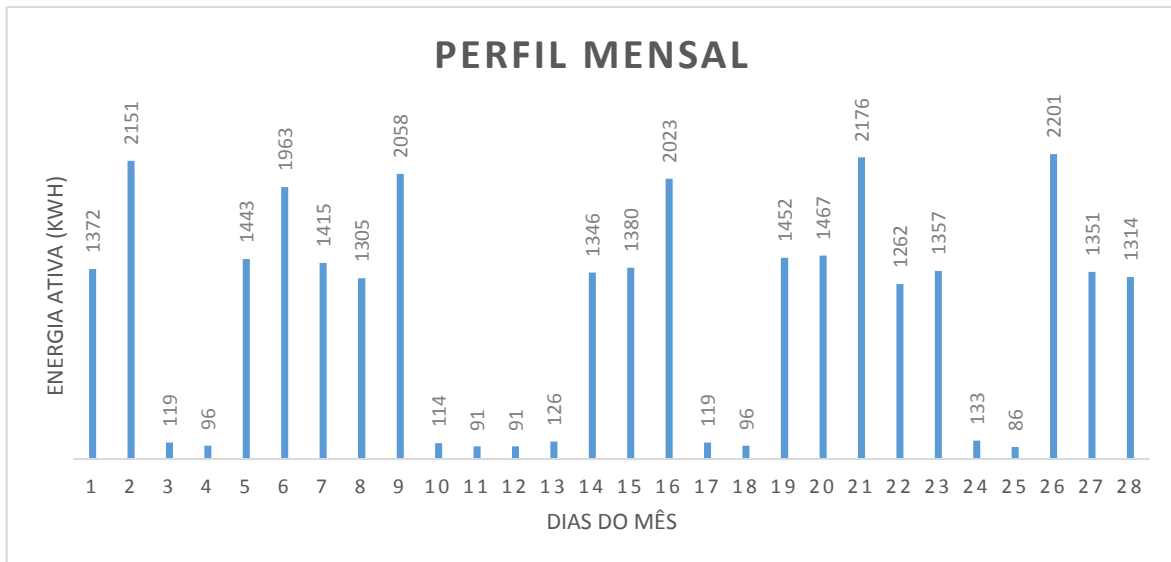


Figura 17 - Perfil de consumo de energia ativa do mês de fevereiro

Na Figura 17 analisa-se a quantidade de energia consumida em cada dia do mês, sendo o valor mais elevado **2201 kWh** e o valor mais baixo **86 kWh**. Verifica-se também que a empresa de 10 de fevereiro a 13 de fevereiro os consumos são baixos o que se pode concluir que a empresa não laborou. Esta data é relativa ao período carnaval.

3.2.2.2.3. AGOSTO DE 2017

A Figura 18 está representada a variação da energia ativa durante um dia típico de laboração do mês de agosto.

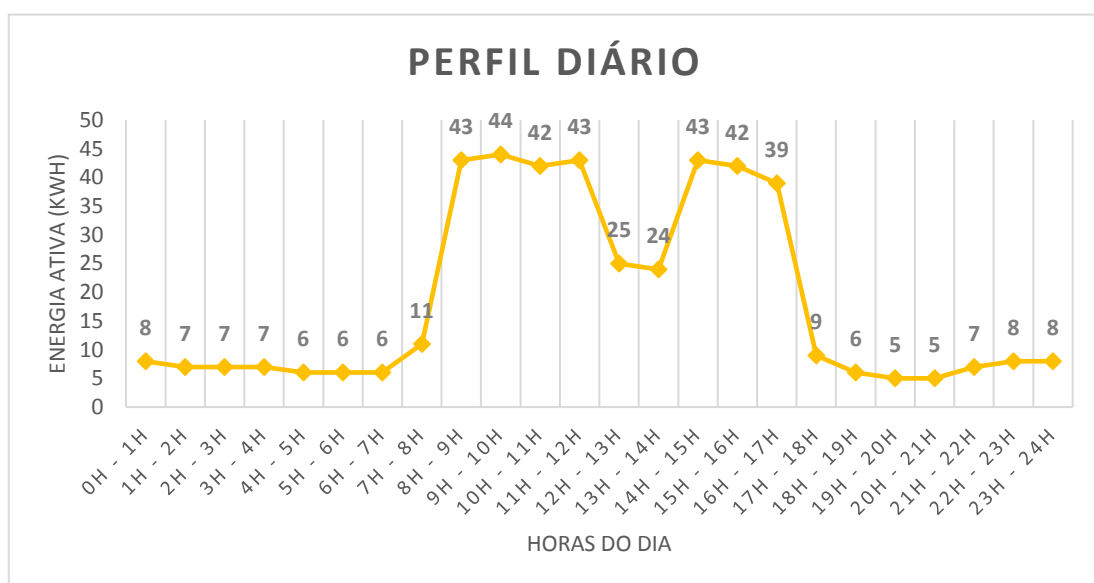


Figura 18 - Perfil diário de energia ativa do mês de agosto

Durante o mês de agosto pode constatar-se que o valor mais baixo de energia ativa foi **5 kWh** das 19h às 21h. E o valor mais alto de energia foi **44 kWh** entre as 9h e 10h da manhã. Constata-se que a energia máxima atingida é significativamente mais baixa, pelo facto de se estar a trabalhar com valores médios. Isto é, agosto é o mês de férias e a fábrica fecha logo os valores de energia descem substancialmente refletindo essa descida na energia média.

A Figura 19, apresenta-se o perfil de consumo de energia mensal de agosto. Isto é a quantidade de energia que foi consumida em cada dia do mês.

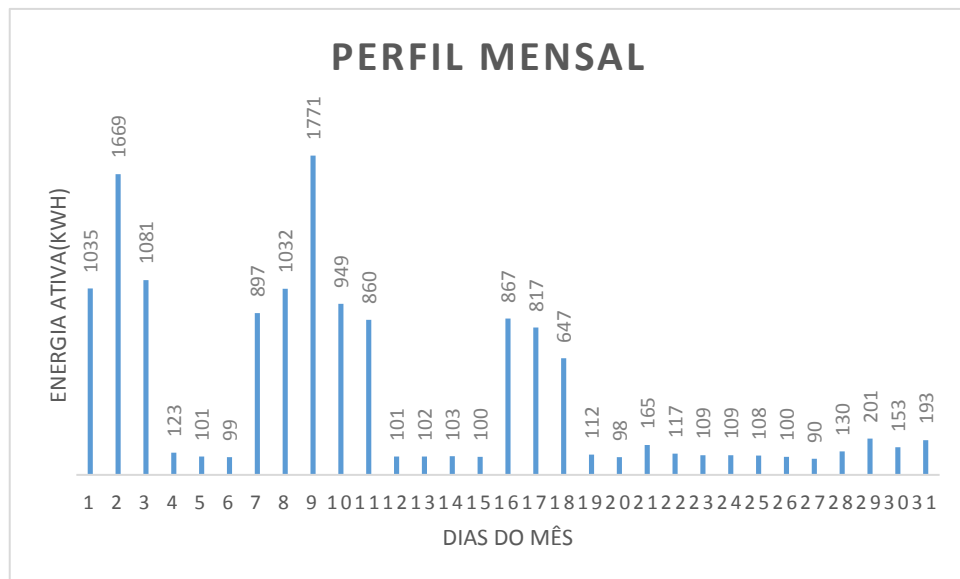


Figura 19 – Perfil de consumo de energia ativa do mês de agosto

Analisando, verifica-se que o maior consumo de energia durante o mês de agosto foi **1771 kWh** e o menor **98 kWh**. Este gráfico é diferente de todos os que foram analisados anteriormente, pelo facto de que a partir de dia 19 de agosto verifica-se que os consumos de energia são muito inferiores ao normal durante uma semana de laboração. Desta forma conclui-se que a indústria está de férias. Observa-se também 4,5,6 os consumos também foram baixo, pelo facto de ser fim de semana e provavelmente algum feriado local. E ainda no 15 de agosto, feriado nacional verifica-se que a empresa não laborou no 14 de agosto, fazendo assim ponte. Daí justifica-se o facto de os consumos terem sido mais baixos 12 13 (fim de semana), 14 (ponte) e 15 de agosto feriado.

3.2.2.2.4. DEZEMBRO DE 2017

Na Figura 20 está representada a variação da energia ativa durante um dia típico de laboração do mês de dezembro.

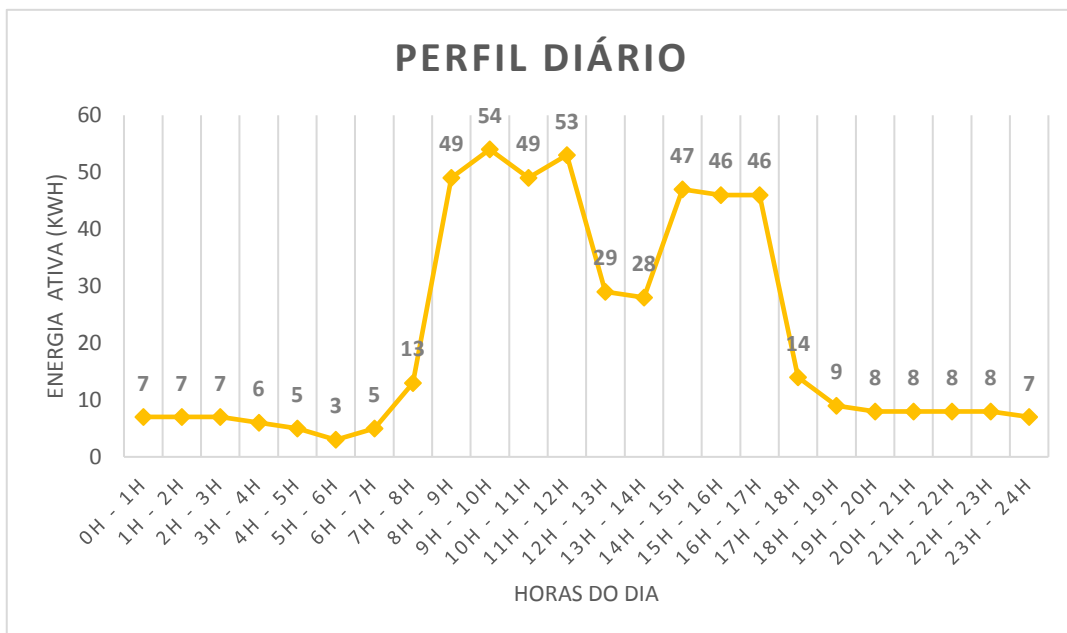


Figura 20 – Perfil diário de energia ativa do mês de dezembro

Durante o mês de dezembro pode constatar-se que o valor mais baixo de energia ativa foi **3 kWh** das 5h às 6h da manhã. E o valor mais alto de energia foi **54 kWh** das 9h às 10h. Aqui verifica-se o valor máximo de energia diminui, como já tinha ocorrido no mês de agosto. Pelo facto de a empresa fechar para férias de natal

A Figura 21, apresenta o perfil de consumo de energia mensal de dezembro. Isto é a quantidade de energia que foi consumida em cada dia do mês.

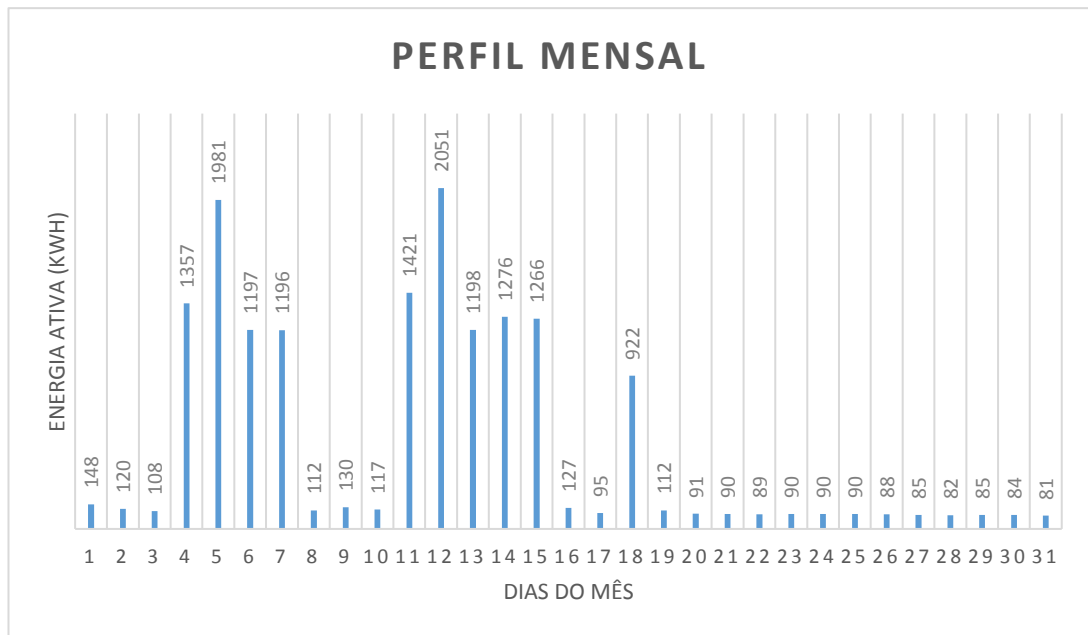


Figura 21 – Perfil de consumo de energia ativa do mês de dezembro

Analisando, verifica-se que o maior consumo de energia durante o mês de dezembro foi **2051 kWh** e o menor **81 kWh**. Este gráfico é bastante similar ao do mês de agosto, pelo facto de existir o período de férias de natal que se inicia no dia 19 de dezembro. O decréscimo dos consumos é significativo. Acresce ainda o facto de existirem dois feriados a nível nacional, dia 1 e dia 8 que foram a uma sexta-feira. Assim sendo são três dias seguidos em que o consumo de energia foi mais baixo.

Após esta detalhada análise da energia consumida diária e mensal ao longo de um ano de laboração da Empresa A. Optou-se por elaborar uma tabela resumo, na qual constam os valores de energia totais consumidos durante cada mês. E ainda o valor total de energia consumida durante um ano. Estes valores estão presentes na Tabela 3, e será o valor de energia total consumida durante um ano que se irá utilizar para colocar no *SunnyDesign Web*.

Tabela 3 – Energia ativa consumida mensalmente

Mês	Energia Ativa (kWh)
janeiro	37957
fevereiro	30107
março	35031
abril	27380
maio	37399
junho	31265
julho	30612
agosto	14039
setembro	27680
outubro	29126
novembro	28123
Dezembro	15979
Total da energia consumida num ano	344 698

Após a análise da Tabela 3 conclui-se que o consumo anual da empresa é **344 698 kWh**. Sendo o mês de agosto e dezembro aqueles cujos consumos são mais reduzidos e janeiro o mês de mais consumo energético.

3.2.3. ANÁLISE CONCLUSIVA

Para efetuar o tratamento dos dados fornecidos pela Empresa B, optou-se por elaborar os gráficos anteriormente descritos. Assim sendo, serão apresentadas as principais conclusões de acordo com o tipo de gráfico.

3.2.3.1. PERFIL DIÁRIO

Com base no perfil diário, verifica-se que:

× A empresa inicia a sua atividade às 8:00h da manhã até as 18:00h. Provavelmente a instituição fabril opera das 8:00h às 17:00h. E a parte dos escritórios labora das 9:00h às 18:00h. A hora de almoço é das 12:30h às 13:30h, nota-se um ligeiro decréscimo de energia nessa hora. Pode-se assim concluir que a empresa não trabalha por turnos, o que é bastante favorável ao aproveitamento de energia fotovoltaica.

× Nos meses de agosto e dezembro, são meses em que a empresa está de férias, pelo menos duas semanas. Constata-se que o valor de energia desce para cerca de 50% do valor de energia habitual. Este facto deve-se aos valores trabalhados serem obtidos através de médias, o valor mais baixo mantém-se, mas o mais elevado diminui muito logo a média é naturalmente mais baixa.

× Os valores de energia máxima são muito semelhantes durante todos os meses, exceto nos meses de férias que descem substancialmente, por outro lado os valores de energia mínima são muito próximos durante todo o ano.

× O perfil de consumo durante um dia de trabalho é consentâneo com a produção de energia solar.

3.2.3.2. PERFIL MENSAL

Após análise de perfil mensal conclui-se que:

× A empresa não tem atividade ao fim de semana e ainda quando os feriados são a uma terça-feira ou a uma quinta-feira, a empresa não labora no dia antes e depois respetivamente. Esta medida é bastante vantajosa do ponto de vista de poupança de energia. Isto porque o arranque de algumas máquinas, reflete-se em consumos de energia muito elevados. Se a empresa encerrar, esse arranque é reduzido.

× Verificou-se que há meses de maior consumo que outros, como seria espectável. Este facto deve-se a períodos de férias bem como variação de volumes de encomendas. Isto é, quando o volume de encomendas é maior o consumo de energia aumenta e vice-versa.

Finalmente, tendo por base a Tabela 3, conclui-se que o mês de maior consumo foi o mês de janeiro e de menor consumo de agosto.

4. ANÁLISE DA VIABILIDADE DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

4.1. METODOLOGIA DESENVOLVIDA

Inicialmente serão apresentados os passos para utilização do *software Sunny Design Web*, a apresentação será feita de uma forma generalista, para que se possa aplicar aos dois casos de estudo e aos respectivos cenários.

4.2. DADOS

4.2.1. DADOS GERAIS DO PROJETO

O primeiro passo para a utilização do *software* é criar um novo projeto e definir que tipo de comportamento, isto é que forma se irá relacionar com a rede elétrica. As quatro possibilidades estão presentes na Figura 22. São elas sistema fotovoltaico sem autoconsumo ou com autoconsumo, sistemas isolados e sistemas híbridos. Tendo em conta o que se pretende nestes projetos escolheu-se o sistema **fotovoltaico com autoconsumo (UPAC) e sem autoconsumo (UPP)** de acordo com o tipo de cenário elaborado.



Figura 22 – Opção do *software* que permite escolher o tipo de sistema

A princípio, introduziram-se os dados que definem o projeto, tais como nome e local da instalação. Em referência a este último colocou-se Portugal e o *software* permite optar por Porto, Lisboa e Faro. Optou-se pelo Porto, pelo facto de ser o mais semelhante com a localização das empresas em estudo. Ainda se definiu o nível de tensão sendo ambas média tensão, seleccionando-se também o tipo de inversor: descentralizado ou centrais de inversores. Para ambos os casos serão seleccionados inversores descentralizados. Como se pode observar na Figura 23.

Dados do projecto

Nome do projecto *
 Empresa A UPAC sem venda à rede

Local de instalação*
 Visualizar dados meteorológicos Criar local próprio

Região * País * Local *
 Southern Europe Portugal Porto

Nível de tensão * Tipo de sistema *
 Baixa tensão Média tensão Inversores descentralizados (STP, SMC) Inversores centrais (SC)

Média tensão * Ligação dos inversores à rede * Relação de transferência
 20,0 kV 230V (230V / 400V) 50,0

Executar adaptação optimizada de potência reactiva com Integrated Plant Control

Figura 23 – Detalhes da configuração do sistema

De acordo com a região introduzida obteve-se o gráfico presente na Figura 24, este diz respeito à radiação solar global. Sendo a soma anual da radiação global 1588,13 kWh/m²a.

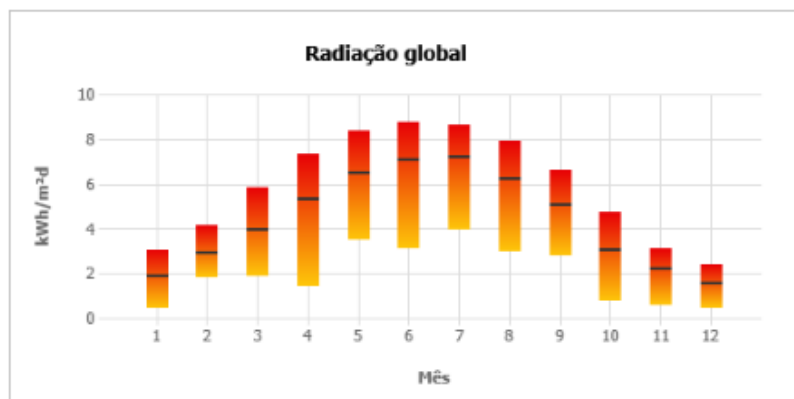


Figura 24 – Gráfico de radiação solar durante um ano na região seleccionada

Com base no mesmo *input*, a região, obteve-se o gráfico de temperatura na Figura 25. No qual se observa a gama das temperaturas médias mensais normais durante um ano típico.

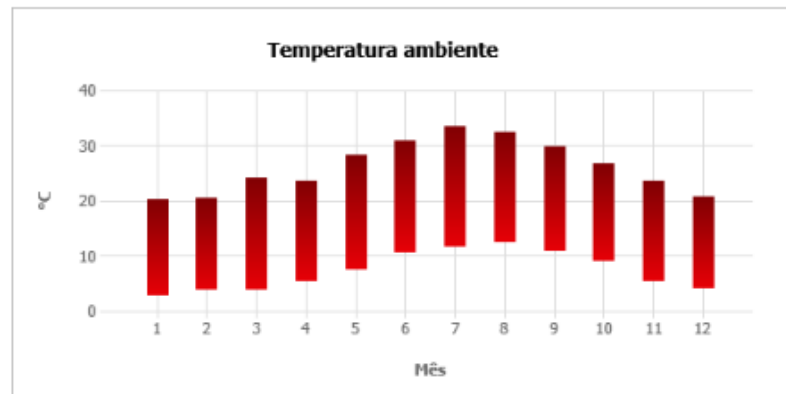


Figura 25 – Gráfico de temperatura durante um ano na região selecionada

Estes serão os dados meteorológicos considerados nas várias simulações.

4.2.2. PERFIL DE CARGA

Neste tópico é pedido que se introduza o perfil de carga, para ambas as empresas, será considerado o horário de empresa, das 8h da manhã às 18:00h e o consumo anual de energia, varia da Empresa A para a Empresa B. Este consumo é introduzido onde diz consumo anual de energia na Figura 26.

Dados relativos ao perfil de carga

Tipo de perfil de carga*

Empresa Perfil de carga próprio

Perfil de carga

Empresa (dias úteis, das 8 às 18 horas)

Consumo anual de energia

< 4699968 > kWh

Figura 26 – *Input* relativo ao perfil de carga

4.2.3. PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Após os cálculos que serão efetuados para cada cenário, tendo por base a legislação bem como algum bom senso. Serão introduzidos os respetivos números de painéis fotovoltaicos com que se pretende simular o sistema. Estes são introduzidos no respetivo local (número de módulos fotovoltaicos), como se pode verificar na Figura 27. E ainda, permite detalhar aspetos relativos à montagem do painel, para se assemelhar com a realidade. Nestes casos de estudo em concreto a montagem será sempre no telhado e com uma inclinação de aproximadamente 25 graus. Estes dados são introduzidos nos respetivos locais, como se verifica na Figura 28.

Nome	Fabricante / módulo fotovoltaico / electrónica de módulos	Número de módulos fotovoltaicos/potência de pico	Alinhamento / tipo de montagem
1 P1	.SMA SMA Demo Poly 240	1792 módulos fotovoltaicos 430.08 kWp	0 ° 25 °

+ Adicionar gerador FV

Figura 27 – Input da quantidade de painéis fotovoltaicos

Tipo de montagem

Montagem livre Telhado Fachada Integrado

Azimute

W N E S

Inclinação

< 0 > ° < 25 > °

segue o sol segue o sol

Figura 28 – Detalhes estruturais dos painéis fotovoltaicos

4.2.4. INVERSORES

No que concerne aos inversores, este *software* possui uma base de dados com todos os inversores da marca SMA. Assim sendo, de acordo com a quantidade de painéis introduzida e com a seleção do inversor o programa garante a compatibilidade dos mesmos. E ainda indica que para aquela quantidade de painéis e quantos inversores são necessários. Como se pode observar na Figura 29, informa sobre alguns detalhes técnicos tais como:

- × quantas *strings* por inversor e quantos módulos por *strings*
- × fator de eficiência do inversor e rácio de desempenho
- × compatibilidade entre inversor e painéis fotovoltaicos

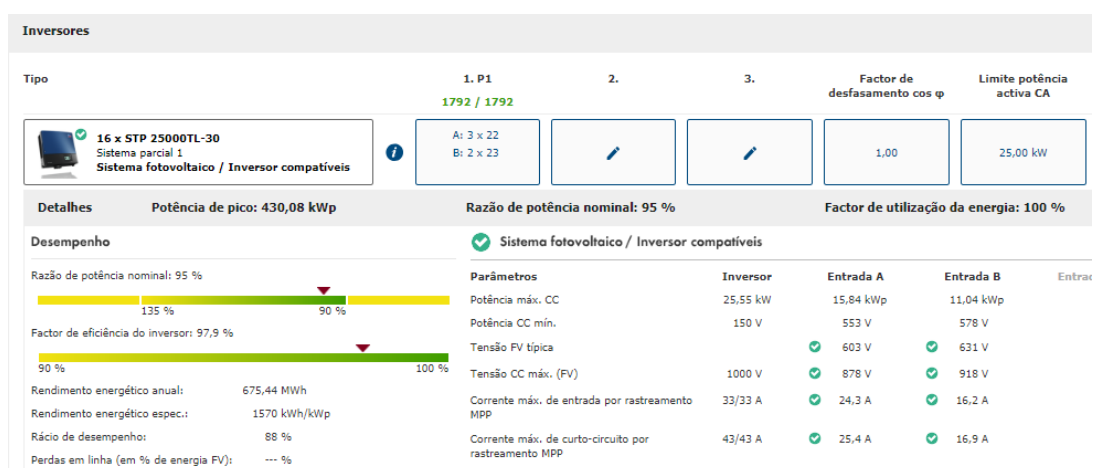


Figura 29 – Detalhes técnicos da configuração fotovoltaica

Por fim, permite dimensionar a cablagem para o sistema fotovoltaico podendo o utilizador colocar a área de secção e comprimentos dos cabos. Estes detalhes são ajustados no momento em que o projeto passa para obra.

Este programa permite ainda encontrar equipamentos que façam a gestão energética dos sistemas, ainda assim esse componente é um extra que apenas será considerado se o cliente assim o desejar. Essas considerações serão efetuadas posteriormente e não na fase inicial do projeto.

De acordo com os passos que foram elencados, assim se vão obter os respetivos resultados que serão discutidos nos tópicos seguintes.

4.3. SIMULAÇÃO DE SISTEMAS

Neste penúltimo capítulo, para além da apresentação do *software* utilizado, serão apresentadas as simulações para as duas empresas em estudo. De acordo com a tipologia da empresa e consumos energético assim se elaborarão os cenários mais adequados a cada situação.

Há valores assumidos, que foram fornecidos pela empresa na qual está a decorrer o estágio tais como:

× O preço dos painéis é 0,51€/Wp, logo um painel de 240Wp custa aproximadamente 122€.

× aproximadamente 900€/kWp para o custo da mão de obra com instalação e cablagem.

× o preço dos inversores é uma informação que foi facultada internamente pela empresa Endovélico.

Para as simulações de sistemas fotovoltaicos, ter-se-á em conta os seguintes requisitos legais, estes estão explicados em detalhe no capítulo 2 da presente dissertação.

× Numa UP a Potência de ligação \leq Potência Contratada

× Numa UPAC a Potência Instalada $\leq 2 \times$ Potência de ligação

× Energia consumida $\geq 50\% \times$ Energia Produzida para sistemas com relação com a rede elétrica

4.3.1. SIMULAÇÃO DA EMPRESA A

O primeiro passo para a implementação de um sistema fotovoltaico é verificar a área disponível para colocar os painéis. Assim a *Área da cobertura* = 5 507 m² cada painel tem uma *Área de painel* = 1,63 m². Tendo por base estes valores, aplicou-se a seguinte expressão:

$$\frac{A_{cobertura}}{A_{painel}} = \frac{5507}{1,63} = 3378 \text{ painéis}$$

Verifica-se que a cobertura tem disponibilidade para albergar no máximo 3378 painéis fotovoltaicos. O segundo passo será analisar o consumo energético da empresa durante um ano de laboração, após se ter analisado a fatura da Empresa A, verificou-se que o seu consumo anual é **4 699 968 kWh** sendo o valor a pagar de **569 862 €/ano**. Estes consumos foram extrapolados como base na fatura fornecida. E ainda se conseguiu apurar que a potência contratada é de **855 kVA**.

4.3.1.1. CENÁRIO DE UPAC SEM VENDA DO EXCEDENTE À REDE ELÉTRICA

Optou-se por iniciar este estudo com a simulação de uma UPAC, sem venda do excedente à rede. A instalação fotovoltaica é apenas para satisfazer as necessidades de consumo da empresa. Por isso, tendo por base os requisitos legais supracitados e não se pretendendo vender à rede, evitou-se o sobredimensionamento. Começou-se por colocar metade da potência contratada em valor de potência instalada em painéis fotovoltaicos. Isto é, perfazer o valor de metade da potência contratada em painéis fotovoltaicos. Assim,

$$\frac{\text{Potência Contratada}}{2} = \frac{855}{2} = 427,5 \text{ kW}$$

Vai considerar-se 430 kW para facilitar os cálculos.

$$\frac{430}{0,24} = 1792 \text{ painéis}$$

De acordo com os dados introduzidos, apresentam-se os valores presentes na Figura 30.


Vista geral do sistema			
1792 x .SMA SMA Demo Poly 240 (P1)			
Azimute: 0 °, Inclinação: 25 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 430,08 kWp			
 16 x STP 25000TL-30			
Monitorização do sistema			
 Sunny Portal			
Dados de dimensionamento fotovoltaico			
Quantidade total de módulos FV:	1792	Rácio de desempenho*:	88 %
Potência de pico:	430,08 kWp	Rendimento energético espec.*:	1570 kWh/kWp
Número de inversores fotovoltaicos:	16	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	400,00 kW	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Potência activa CA:	400,00 kW	Consumo anual de energia:	4.700 MWh
Relação de potência activa:	93 %	Autoconsumo:	604,96 MWh
Rendimento energético anual*:	675,44 MWh	Quota de autoconsumo:	89,6 %
Factor de utilização da energia:	100 %	Taxa de autonomia:	12,9 %

Figura 30 – Detalhes técnicos do cenário em estudo

Tendo por base esta quantidade de painéis, possibilita uma potência de pico de 430 kWp, o *software* sugeriu a escolha de 16 inversores. O rendimento energético é 1 570 kWh/kWp isto significa que por cada kWp de painel, se produz 1570 kWh de energia.

Relativamente ao balanço energético observe-se a Figura 31.

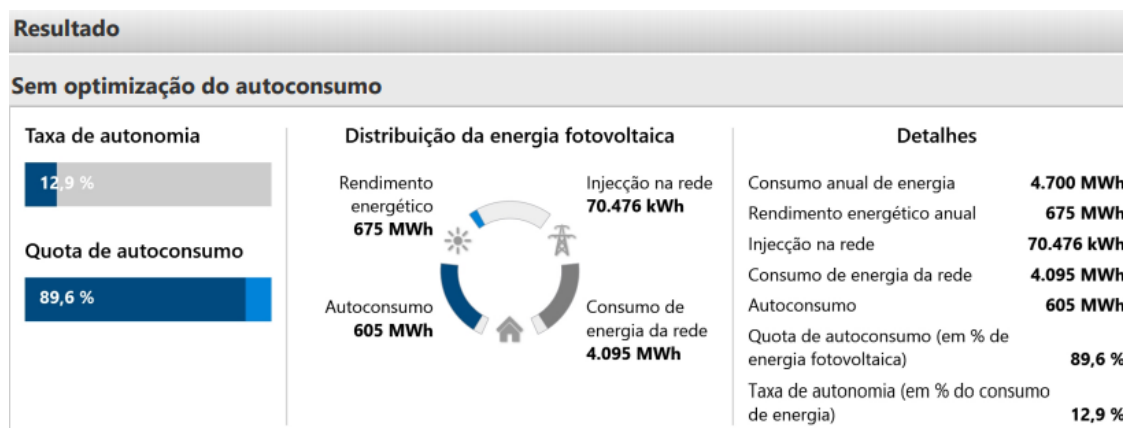


Figura 31 – Balanço energético do cenário em estudo

Deste resultado pode-se retirar que a Empresa A, irá consumir da rede 4 095 MWh por ano e sem a instalação fotovoltaica consome aproximadamente 4 699 MWh. Esta diferença corresponde cerca de 13%, ou seja, a energia que retira da rede com instalação fotovoltaica é cerca de menos 13% que se retira sem instalação fotovoltaica. O que não é um valor representativo.

Relativamente à quota de autoconsumo, toma o valor de 89,6%, isto significa que da energia fotovoltaica produzida 89,6% é aproveitada para autoconsumo. No que concerne à taxa de autonomia, num sistema cujo objetivo não é a venda de energia excedente à rede, o limite da taxa de autonomia é 35%. Neste cenário, a taxa de autonomia é 12,9% e já se está a injetar na rede uma elevada quantidade de energia. Portanto, não adianta aumentar este valor, pois só ia aumentar o desperdício de energia.

Cálculo do Payback

Investimento: $1792 \text{ painéis} \times 122 \text{ €} + 16 \text{ inversores} \times 4146,60 \text{ €} + 900 \text{ €} \times 430 \text{ kWp} =$
671 970 €

Poupança por ano: $569 862 \text{ €} - 496 511 \text{ €} =$ **73 351 €**

$$Payback = \frac{671\,970 \text{ €}}{73\,351 \text{ €/ano}} = 9 \text{ anos}$$

Assim pode concluir-se que a Empresa A, vai recuperar o investimento passado 9 anos sendo este PB economicamente viável. Reflete uma poupança de cerca de 6 112 €/mês num universo de 47 488,52 €/mês o que no final de um ano de laboração corresponde a uma poupança de 73 351 €. Não corresponde a uma poupança significativa. Assim sendo, para se tentar apurar melhores resultados optou-se por simular o cenário seguinte no qual constará a venda do excedente à rede elétrica.

4.3.1.2. CENÁRIO DE UPAC COM VENDA DO EXCEDENTE À REDE ELÉTRICA

Neste cenário, optou-se por manter a mesma configuração fotovoltaica do cenário descrito no ponto 4.3.1.1. Assim, os resultados energéticos são iguais ao cenário anterior. Estão presentes na Figura 31, mas neste caso tem que se calcular a remuneração da injeção de energia na rede. Esta fórmula está presente do decreto lei que regulamenta atualmente as energias renováveis, DL n.º 153/2014 de 20 de outubro, artigo nº 24. [8]

$$Rupac, m = E_{fornecida, m} \times OMIE, m \times 0,9$$

Tendo por base esta fórmula,

$$E_{fornecida, m} = \frac{70\,476}{12} \text{ kWh}$$

$$OMIE, m = \frac{66,56}{1000} \text{ €/kWh}$$

$$Rupac, m = 5873 \times 0,066 \times 0,9 = 351,82\text{€}$$

Cálculo do Payback

Investimento: 1792 painéis × 122 € + 16 inversores × 4146,60 € + 900 € × 430 kWp
= **671 970 €**

Poupança por ano: 569 862 € - (496 511 € - $Rupac, m \times 12$) = **77 572,8 €**

$$Payback = \frac{671\,969 \text{ €}}{77\,572,8 \text{ €/ano}} = 8 \text{ anos e 7 meses}$$

Conclui-se que, com a mesma configuração de sistema fotovoltaico, mas vendendo o excedente à rede, o PB diminui cerca de 5 meses. O que evidencia que com a injeção na rede o PB diminui.

Relativamente à poupança por mês, esta é de 6 464,41 € menos 300€/mês que no sistema em que a injeção na rede não é remunerada. Como tal, conclui-se que há efetivamente uma diminuição, mas não se reflete em alterações significativas.

Tendo em conta que este resultado não foi satisfatório, ponderou-se duplicar o número de painéis, majorando o sistema fotovoltaico. O resultado foi um aumento significativo do valor do PB pelo facto de o investimento aumentar e a poupança por ano não sofrer praticamente alteração. Conclui-se que colocar mais painéis para se tentar obter lucro com a injeção na rede não é de todo uma solução com resultados apetecíveis.

Afirma-se que este cenário não é viável, conseqüentemente optou-se por analisar a viabilidade de colocar uma UPP. Este cenário será apresentado no ponto 4.3.1.3.

4.3.1.3. CENÁRIO DE UPP

Após se terem realizados os cenários descritos em 4.3.1.1 e 4.3.2.2 e comprovado a sua falta de viabilidade. Preferiu-se testar uma UPP, averiguar se seria uma boa solução. Importa relembrar que o funcionamento de uma UPP difere de uma UPAC, a UPP consiste em colocar painéis fotovoltaicos, injetar a energia produzida por estes na rede elétrica. Após isto, a empresa vai consumir a energia da rede normalmente. Isto significa que a poupança vai consistir em conseguir consumir a energia da rede ao preço mais reduzido.

Tendo como principal objetivo produzir o máximo de energia, optou-se por maximizar a instalação fotovoltaica. Ainda assim tendo a limitação imposta pela legislação, Energia consumida \geq 50% Energia produzida.

Assim começou-se por colocar a quantidade de painéis fotovoltaicos que perfizessem o valor da respetiva potência contratada (PC = 855 kVA). Esse valor corresponde a 3378 painéis. Simulou-se quantidade de painéis, mas não verifica a premissa exigida pelo DL.

Posto isto, optou-se por reduzir os painéis para 2000 unidades. Esta quantidade já cumpre a legislação, o valor da energia consumida tem que ser maior ou igual que metade

da energia produzida. Então simulou-se no *Sunny Design Web*, com esta quantidade de painéis.

No caso de UPP, as remunerações são atribuídas com base em leilões efetuados virtualmente. Encontrou-se um documento, no qual constam as remunerações que estão em vigor atualmente e tendo como variável a categoria em que se enquadra a UPP em estudo o preço a que a energia é vendida à rede é **0,0949 €**. [10]

Após terem sido introduzidos os dados no *Sunny Design Web* obtiveram-se os resultados presentes na Figura 32.

Vista geral do sistema			
2000 x .SMA SMA Demo Poly 240 (Gerador fotovoltaico 1)			
Azimute: 0 °, Inclinação: 25 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 480,00 kWp			
 25 x STP 25000TL-30			
Dados de dimensionamento fotovoltaico			
Quantidade total de módulos FV:	2000	Rendimento energético anual*:	755,18 MWh
Potência de pico:	480,00 kWp	Factor de utilização da energia:	100 %
Número de inversores fotovoltaicos:	25	Rácio de desempenho*:	88,2 %
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	625,00 kW	Rendimento energético espec.*:	1573 kWh/kWp
Potência activa CA:	625,00 kW	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Relação de potência activa:	130,2 %	Carga desequilibrada:	0,00 VA

Figura 32 - Detalhes técnicos do cenário em estudo

Com base neste resultado, consegue-se apurar que os 2000 painéis fotovoltaicos juntamente com os 25 inversores produzem **755,18 MWh/ano**. Pode-se constatar também que o desempenho ronda os 88% e ainda que por cada kWp de painel são produzidos 1573 kWh. Vai-se calcular o novo valor de PB e a poupança a este associado.

Cálculo do Payback

Investimento: $2000 \text{ painéis} \times 122 \text{ €} + 25 \text{ inversores} \times 4146,60 \text{ €} + 900 \text{ €} \times 480 \text{ kWp} =$
779 665 €

Poupança por ano: $569 862 \text{ €} - (569 862 \text{ €} - 755,18 \times 1000 \times 0,0949\text{€}) =$ **71 666,6 €**

$$\text{Payback} = \frac{779 665 \text{ €}}{71 666,6 \text{ €/ano}} = 11 \text{ anos}$$

Após a simulação de uma UPP, conclui-se que o PB aumenta comparativamente com as simulações de UPAC, isto deve-se ao facto de o investimento aumentar e a poupança diminuir. Sendo este valor de poupança, o mais baixo atingido em todas as simulações. Atendendo à fatura fornecida pela Empresa A, através de uns cálculos aproximados verifica-se que a energia é taxada sensivelmente a 0,12€ e a energia injetada na rede é remunerada a 0,0949€. Acresce ainda o facto de que a energia que é injetada na rede é 16% da energia consumida da mesma. Está-se a injetar muito menos do que aquilo que se está a consumir. Todos estes fatores fazem com que a UPP também não seja uma alternativa viável.

4.3.2. SIMULAÇÃO DA EMPRESA B

Inicialmente averiguou-se a quantidade de painéis fotovoltaicos que é possível implementar. Assim a *Área da cobertura* = 13 703 m² cada painel tem uma *Área de painel* = 1,63 m². Tendo por base estes valores, aplicou-se a seguinte expressão:

$$\frac{A_{cobertura}}{A_{painel}} = \frac{13\,703}{1,63} = 8406 \text{ painéis}$$

Verifica-se que a cobertura tem disponibilidade para albergar no máximo 8406 painéis fotovoltaicos.

O segundo passo será analisar o consumo energético da empresa durante um ano de laboração, após se ter analisado os dados fornecidos pela Empresa B, apurou-se que o seu consumo anual é **344 698 kWh**. Nesta situação, os consumos são reais tendo em conta que foram com base nos consumos efetivos fornecidos pela empresa. E ainda se conseguiu apurar que o valor da potência contratada é de 281 kVA. Na empresa em estudo, não se teve acesso a nenhuma fatura de energia. Como tal, irá sempre considerar-se que a energia consumida da rede é taxada a 0,08 €/kWh, este valor é calculado com base numa média ponderada entre os valores pagos em cada período (ponta, cheio e vazio) incluindo os valores das taxas.

4.3.2.1. CENÁRIO DE UPAC SEM VENDA DO EXCEDENTE À REDE

Iniciou-se o estudo da Empresa B, por simular uma UPAC sem venda do excedente à rede. Esta solução apenas pretende satisfazer as necessidades energéticas da empresa, como tal considera-se que uma taxa de autonomia de 35% é perfeitamente plausível. Possibilitando o valor desta percentagem, uma injeção residual na rede sendo este o valor limite do autoconsumo direto.

Isto posto, impôs-se que o valor da taxa de autonomia seria de 35%, efetuou-se iterativamente simulações até atingir esse valor, como se pode observar na Tabela 4. Começou-se por efetuar a simulação com o máximo de painéis fotovoltaicos que a legislação permite, existindo neste caso uma elevada quantidade de energia injetada na rede. Como tal, tentou-se reduzir para metade a quantidade de painéis, mas ainda assim a taxa de autonomia continuou acima dos 35%. Voltou-se a reduzir, por tentativa erro, conseguiu-se construir a Tabela 4. Até atingir uma taxa de autonomia de 34,4%, com 400 painéis e assim se efetua a simulação e se analisam os respetivos resultados.

Tabela 4 – Quantidade de painéis fotovoltaicos e respetiva taxa de autonomia

Nº de painéis fotovoltaicos	Taxa de autonomia
584	46,8%
500	41,8%
250	22,5%
350	26,6%
400	34,4%

Assim, introduziu-se no *software* os 400 painéis, para se obter uma taxa de autonomia de 34,4%. O simulador sugerir a configuração presente na Figura 33.

Vista geral do sistema			
400 x .SMA SMA Demo Poly 240 (Gerador fotovoltaico 1)			
Azimute: 0 °, Inclinação: 25 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 96,00 kWp			
8 x STP 15000TL-30			
Dados de dimensionamento fotovoltaico			
Quantidade total de módulos FV:	400	Rácio de desempenho*:	87,7 %
Potência de pico:	96,00 kWp	Rendimento energético espec.*:	1565 kWh/kWp
Número de inversores fotovoltaicos:	8	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	120,00 kW	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Potência activa CA:	120,00 kW	Consumo anual de energia:	345 MWh
Relação de potência activa:	125 %	Autoconsumo:	118,47 MWh
Rendimento energético anual*:	150,26 MWh	Quota de autoconsumo:	78,8 %
Factor de utilização da energia:	100 %	Taxa de autonomia:	34,4 %

Figura 33 - Detalhes técnicos do cenário em estudo

Deste modo, 400 painéis fotovoltaicos potenciam 96 kWp juntamente com 8 inversores fotovoltaicos e permitem um rendimento energético de 1565 kWh/ kWp.

O resultado presente na Figura 34, consente analisar os consumos e balanços energéticos. Neste cenário, verifica-se que a energia consumida da rede é 226 MWh comparativamente com o estado atual da empresa, isto é, sem instalação fotovoltaica tem um consumo da rede de aproximadamente 345 MWh. Quantificando percentualmente, pode-se dizer que com a colocação da instalação de painéis fotovoltaicos há uma redução do

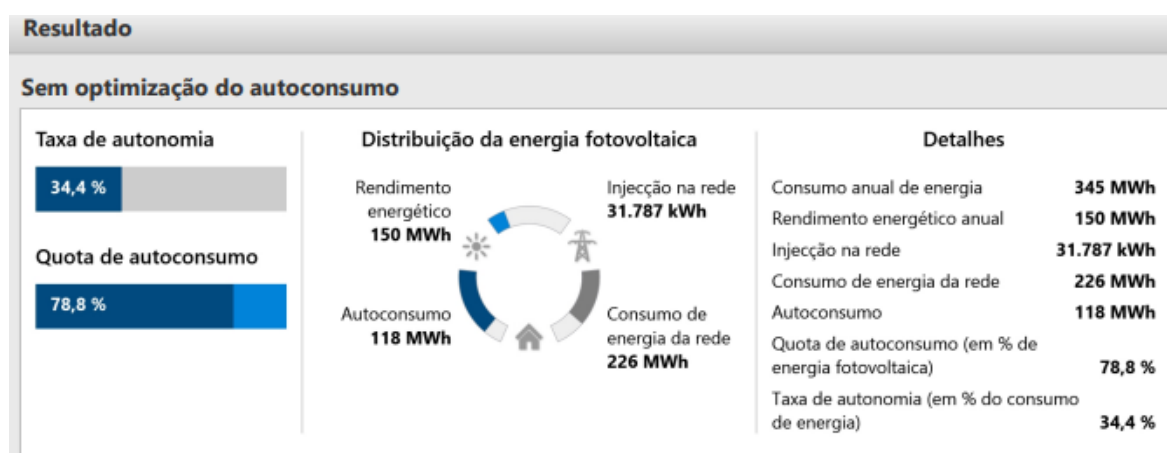


Figura 34 - Balanço energético do cenário em estudo

consumo da rede de cerca de 35%. Sendo este valor uma boa percentagem, ainda assim poderá ser melhorada.

No que concerne à quota de autoconsumo, constata-se que de toda a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos 78,8% é utilizada para autoconsumo. Relativamente à taxa de autonomia esta toma o valor de 34,4%, este valor foi imposto no início da simulação pelos motivos anteriormente referidos.

Cálculo do Payback

Investimento: $400 \text{ painéis} \times 122 \text{ €} + 8 \text{ inversores} \times 3705,50 \text{ €} + 900 \text{ €} \times 96 \text{ kWp} = \mathbf{164\,844 \text{ €}}$

Poupança por ano: $344\,698 \times 0,08 \text{ €} - (226 \times 1000 \times 0,08 \text{ €}) = \mathbf{9\,495,84 \text{ €}}$

$$\text{Payback} = \frac{164\,844 \text{ €}}{9\,495,84 \text{ €/ano}} = 17 \text{ anos}$$

Assumindo que a energia consumida da rede é taxada a 0,08€/ kWh, tendo a empresa um consumo mensal de aproximadamente 28 725 kWh por mês o valor deve rondar os 2 299 €. Valores que durante a reunião entre a Endovélico e a Empresa B, foram fornecidos verbalmente dizendo que por mês, o valor da fatura rondava os 3 000€. Neste valor está incluído o valor que pagam de energia reativa bem como as considerações assumidas para o preço do kWh. Com a instalação do sistema fotovoltaico, verifica-se que a poupança mensal rondará os 790€/mês, num universo de 2 299€/mês é uma poupança bastante significativa.

O valor do PB é 17 anos, um valor aceitável. Ainda assim 17 anos é um intervalo de tempo considerável, este deve-se ao facto do valor que a Empresa B paga por mês de energia não ser uma quantia astronómica. Como tal faz com que não se recupere o investimento num período de tempo muito curto. Pode-se concluir que os resultados são bastante viáveis e satisfatórios. Contudo podem ser melhorados. Perante o cenário em causa, faz todo o sentido, ponderar uma injeção remunerada na rede elétrica. Assim irá simular-se o cenário descrito no ponto 4.2.2.2.

4.3.2.2. CENÁRIO DE UPAC COM VENDA DO EXCEDENTE À REDE

Após se ter elaborado o cenário descrito no ponto anterior, obtiveram-se resultados satisfatórios, no entanto podem ser otimizados. Nesta sequência surge este cenário.

Primeiramente, começou-se por majorar o sistema tendo por base o que a legislação permite a nível de potência. Obtiveram-se 2332 painéis, com esta quantidade verificou-se que não cumpria o requisito legal relativamente à energia. Deste modo efetuaram-se várias combinações, tendo por base estas duas variáveis impostas pela legislação. E assim chegou-se ao valor de 776 painéis.

Este valor de painéis foi introduzido no programa utilizado e obteve-se a configuração presente na Figura 35.

Vista geral do sistema			
776 x .SMA SMA Demo Poly 240 (Gerador fotovoltaico 1)			
Azimute: 0 °, Inclinação: 25 °, Tipo de montagem: Telhado, Potência de pico: 186,24 kWp			
 8 x STP 25000TL-30			
Dados de dimensionamento fotovoltaico			
Quantidade total de módulos FV:	776	Rácio de desempenho*:	88 %
Potência de pico:	186,24 kWp	Rendimento energético espec.*:	1571 kWh/kWp
Número de inversores fotovoltaicos:	8	Perdas em linha (em % de energia FV):	---
Potência nominal CA dos inversores fotovoltaicos:	200,00 kW	Carga desequilibrada:	0,00 VA
Potência activa CA:	200,00 kW	Consumo anual de energia:	345 MWh
Relação de potência activa:	107,4 %	Autoconsumo:	192,31 MWh
Rendimento energético anual*:	292,55 MWh	Quota de autoconsumo:	65,7 %
Factor de utilização da energia:	100 %	Taxa de autonomia:	55,8 %

Figura 35 - Detalhes técnicos do cenário em estudo

Com os 776 painéis obtém-se uma potência de pico de 186,24 kWp e juntamente com 8 inversores possibilitam um rendimento energético de 1 571 kWh/kWp. Isto é, por cada kWp de painel gera 1 571 kWh de energia.

Pode-se analisar na Figura 36 o balanço energético do sistema.



Figura 36 - Balanço energético do cenário em estudo

Constata-se que comparando o consumo de energia da rede com este sistema fotovoltaico com o cenário atual da Empresa B, verifica-se um consumo de menos 56%. Atualmente está-se a consumir da rede cerca de 345 MWh e com a introdução de painéis fotovoltaicos passa-se a consumir 152 MWh.

A quota de autoconsumo toma o valor de 65,7%, isto é, da energia produzida pelos painéis fotovoltaicos está-se a autoconsumir 65,7%. E a taxa de autonomia é cerca de 56%, sendo este valor bastante apetecível.

Tendo em conta que a energia injetada na rede será remunerada, tem que se efetuar o cálculo desse valor de remuneração. Assim,

$$R_{pac,m} = E_{fornecida,m} \times OMIE,m \times 0,9$$

Tendo por base esta fórmula,

$$E_{fornecida,m} = \frac{100000}{12} kWh$$

$$OMIE,m = \frac{66,56}{1000} €/kWh$$

$$R_{pac,m} = 8\,333,3 \times 0,066 \times 0,9 = 499€$$

Cálculo do Payback

Investimento: $1792 \text{ painéis} \times 122 \text{ €} + 8 \text{ inversores} \times 4146,60 \text{ €} + 900 \text{ €} \times 186 \text{ kWp} = 295\ 245 \text{ €}$

Poupança por ano: $344\ 698 \times 0,08 \text{ €} - (152 \times 1000 \times 0,08 \text{ €} - \text{Rupac}, m \times 12) = 21\ 403,8 \text{ €}$

$$\text{Payback} = \frac{295\ 245 \text{ €}}{21\ 403,8 \text{ €/ano}} = 13 \text{ anos e 9 meses}$$

Apura-se que a poupança neste cenário é cerca de 55% superior à poupança realizada no cenário anterior, no qual não se vendia energia à RESP. O investimento é ligeiramente superior, ainda assim a poupança é bastante maior. Mensalmente está-se perante uma poupança de aproximadamente 1 780€, o que num universo de 3000€ é uma poupança bastante significativa. Este facto, faz com o que PB diminuía aproximadamente três anos, sendo um tempo perfeitamente viável do ponto de vista económico. Era espectável que o PB não fosse muito pequeno pelo facto de o valor da fatura mensal de energia não ser muito elevado, como já foi referido anteriormente.

4.4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS OBTIDOS

Conclui-se que a Empresa A e Empresa B têm resultados completamente diferentes no que diz respeito à incorporação de um sistema fotovoltaico. A Empresa A tem um consumo de energia muito elevado, para se conseguir tornar o sistema rentável teria que se aumentar em muito a quantidade de painéis, o que não iria cumprir as imposições legais. Assim, a UPAC está completamente fora de questão utilizar e a UPP não é uma solução economicamente viável. Todas as alternativas apresentadas não trazem reais benefícios à empresa.

Por outro lado, a Empresa B possui um consumo inferior à Empresa A. Como tal os resultados obtidos são em tudo opostos, isto porque obteve-se uma solução UPAC sem venda do excedente à rede que é viável. E ainda se conseguiu otimizar esta solução e obter uma solução muito boa que é UPAC com venda do excedente.

5. CONCLUSÕES

5.1. ANÁLISE CONCLUSIVA

Finalmente, pode concluir-se que para empresas em que o consumo de energia é muito elevado os sistemas fotovoltaicos podem não ser uma opção com tantos benefícios como seria expectável. Para empresas em que o consumo de energia, não seja gigantesco consegue-se obter soluções bastante interessantes. Tendo em conta que tanto o setor empresarial como o setor industrial são os que possuem um perfil de consumo consentâneo com a produção solar.

Acresce ainda ao facto, de que a introdução de energia renováveis numa empresa é sempre positivo do ponto de vista de sustentabilidade, preocupação com o meio ambiente. É uma mais valia para a imagem da empresa. Os clientes ficarão impressionados pelo facto de as empresas demonstrarem preocupações ambientais.

A elaboração deste estudo foi bastante profícua, pelo facto de se puder concluir que relativamente à incorporação de sistemas fotovoltaicos, cada empresa é um caso isolado que tem que ser analisado em detalhe. Só depois disto se poderá transmitir uma decisão final no que concerne à viabilidade técnico económica.

5.2. TRABALHOS FUTUROS

As medidas de eficiência energética para estas empresa não se podem limitar à introdução destes sistemas fotovoltaicos. No futuro, outros trabalhos necessitam ser desenvolvidos para que a empresa caminhe no sentido da eficiência energética e do reconhecimento da sua sustentabilidade.

Uma das medidas mais importantes é a aquisição de uma bateria de condensadores, com o dimensionamento ajustado às necessidades da empresa. O seu registo de energia reativa implica consequência económicas na faturação mensal, algo que deverá ser resolvido no futuro próximo.

Outra medida a ponderar pela empresa é a obtenção da certificação da Norma ISO 50001- Certificação de Sistemas de Gestão de Energia. Estas medidas devem fazer parte da estratégia da empresa para se tornar mais eficiente, competitiva e sustentável.

Referências Documentais

- [1] “Estratégia Europa 2020,” *Comissão Europeia*. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/economic-and-fiscal-policy-coordination/eu-economic-governance-monitoring-prevention-correction/european-semester/framework/europe-2020-strategy_pt. [Accessed: 03-May-2018].
- [2] “Balanço da Produção de Eletricidade de Portugal Continental,” *APREN*, 2018. [Online]. Available: <http://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao>. [Accessed: 31-Aug-2018].
- [3] D. D. E. E. Geográfica and G. E. Energia, “Análise do Regime de Produção Distribuída Fotovoltaica para Autoconsumo,” Universidade de Lisboa, 2016.
- [4] “Energia Fotovoltaica manual sobre tecnologias, projetos e instalação,” Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2004, p. 368.
- [5] A. R. M. de Sousa, “Autoconsumo fotovoltaico, um elemento de eficiência energética. Caso de estudo: ISEP,” ISEP, 2015.
- [6] K. Mertens and K. F. Hanser, *Photovoltaics : Fundamentals, Technology and Practice (1)*, First. Wiley, 2013.
- [7] F. Pinto, “Regime Jurídico das Unidades de Produção (UP) Distribuída,” pp. 1–28, 2015.
- [8] O. T. E. Ministério Do Ambiente, *Decreto-Lei n.º 153/2014*, vol. N.º 202. Portugal, 2014, pp. 5298–5311.
- [9] Fibran, “ENERGYSHIELD Fibran,” *Copyright*, 2011. [Online]. Available: <https://www.fibran.com.pt/frontend/index.php>. [Accessed: 12-Aug-2018].
- [10] DGEG, “Resultados da sessão de atribuição de potência realizada a 29 de março de 2018,” 2018.
- [11] T. Simples, “Autoconsumo UPAC Residencial,” *Transição Simples*, 2017. [Online].

Available: <http://www.transicaosimples.com/autoconsumo.html#>. [Accessed: 10-Sep-2018].

- [12] I. Mártel, “La energía solar fotovoltaica, en la vanguardia frente al cambio climático,” *Público*, 2015. [Online]. Available: <https://blogs.publico.es/ignacio-martil/2015/11/30/la-energia-solar-fotovoltaica-en-la-vanguardia-frente-al-cambio-climatico/>. [Accessed: 05-May-2018].
- [13] M. Hankins, *Stand- alone solar electric systems: The Earthscan Expert Handbook for Planning, Design and Installation*, First. 2010.
- [14] E. D. P. Distribui, T. Social, and P. Produ, “Revisão dos regulamentos do setor elétrico,” 2014.