



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Departamento de Engenharia Eletrotécnica de Energia e Automação**

**Aproveitamento fotovoltaico com armazenamento em unidade fabril de laboração contínua: otimização da potência a instalar e da capacidade de armazenamento**

**Manuel Aurora Melo Medeiros**  
Licenciado em Engenharia Eletrotécnica

Dissertação para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Eletrotécnica – Ramo de Energia

Orientador (es):

Professor Doutor: Fernando Manuel Duarte Oliveira Nunes

Professora Doutora: Ana Alexandra Antunes Figueiredo Martins

Júri:

Presidente:

Professor João Hermínio Ninitas Lagarto (ISEL/IPL)

Vogais:

1º Vogal: Professor Francisco Alexandre Ganho da Silva Reis  
(ISEL/IPL)

2º Vogal: Professor Fernando Manuel Duarte Oliveira Nunes  
(ISEL/IPL)

**Setembro de 2023**



Dissertação realizada sob orientação de:

**Doutor Fernando Manuel Duarte Oliveira Nunes**

Professor Coordenador do Departamento de Engenharia Eletrotécnica de Energia e  
Automação

[fernando.nunes@isel.pt](mailto:fernando.nunes@isel.pt)

**Ana Alexandra Antunes Figueiredo Martins**

Professora adjunta no Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

[ana.martins@isel.pt](mailto:ana.martins@isel.pt)



## Resumo

O estudo incide numa análise técnico-económica de uma instalação fotovoltaica, através do dimensionamento da potência fotovoltaica a instalar em simultâneo com a capacidade ótima de armazenamento de modo a maximizar a rendibilidade do projeto. Os dados utilizados para concretização da dissertação em causa são provenientes de uma instalação fabril real. De modo a concretizar o estudo utiliza-se um algoritmo de gestão de energia previamente desenvolvido. Será criada uma ferramenta de otimização, que irá utilizar os mesmos dados da unidade fabril de modo a comparar e analisar os resultados de ambos os algoritmos. Desenvolveu-se também uma função que forneça a área mínima necessária para a implementação da instalação fotovoltaica. O estudo debruça-se em várias etapas, sendo estas a otimização da solução ótima sem armazenamento e da solução ótima com armazenamento através do algoritmo de gestão de energia. Será aplicado o mesmo método utilizando a ferramenta de otimização. De modo a encontrar-se a solução ótima utiliza-se a ferramenta económica do valor atual líquido.

Utilizando o algoritmo de gestão de energia, obteve-se que a solução ótima a instalar não dispõe de capacidade de armazenamento de energia e é apresentada com uma potência a instalar de 500 kW, utilizando 5 inversores de 100 kW e uma quantidade de 960 painéis fotovoltaicos de 550 Wp com uma inclinação de 29°. Relativamente a sua componente económica, apresenta um VAL de 793 323,31€, um ROI de 3,46, um TIR de 32,31% e um *pay-back* de 7,23 anos. Para a sua implementação é necessário 1 176 m<sup>2</sup>, sendo que a área disponível abrange um total de 5 328 m<sup>2</sup>. Através da ferramenta de otimização, obteve-se uma potência a instalar ótima de 525 kW com um VAL associado de 789 326,03 €, sem capacidade de armazenamento de energia. Comparando ambos os algoritmos, em função do algoritmo de otimização, este apresenta uma variação de +4,9% em relação à potência ótima a instalar e uma variação de -0,5% em relação ao valor atual líquido.

De salientar que para a determinação da solução ótima pelo método do algoritmo de gestão de energia necessitou-se da simulação de 201 casos de estudo e com o método matemático de otimização de apenas de 7.

**Palavras-Chave:**

Energia Renovável, Energia, Baterias, Análise económica, Algoritmo de Gestão de Energia, Otimização, UPAC.

## Abstract

The study will focus on sizing the power of the photovoltaic panels and their inverters to be installed simultaneously with the optimum battery capacity to maximize the profitability of the project. In order to carry out the study, will be used a previously developed energy management algorithm. Will be created an optimization tool, validating it with the algorithm in question. A function will also be created to seek the minimum area required to implement the photovoltaic installation. The study will focus on several stages, including finding the optimum solution without storage and solution using storage, through the energy management algorithm. the same method will be used to seek the optimum solution with the usage of the optimization tool.

Using the energy management algorithm, the optimal solution to install does not have energy storage capacity and is presented with a power to be installed of 500 kW, using 5 inverters of 100 kW and a quantity of 960 photovoltaic panels with 550 Wp with an inclination of 29°. Regarding its economic component, it has an NPV of € 793 323.31, an ROI of 3.46, an IRR of 32.31% and a *pay-back* of 7.23 years. For its implementation it is necessary 1 176 m<sup>2</sup>, and the available area covers a total of 5 328 m<sup>2</sup>.

Using the optimization tool, we obtained an optimal power to install of 525 kW with an associated NPV of 789 326,03 €, without energy storage capacity.

Comparing both methods, depending on the optimization algorithm, it presents a variation of +4.9% in relation to the optimal power to be installed and a variation of -0.5% in relation to the net present value.

It should be noted that in order to determine the optimum solution using the energy management algorithm method, 201 case studies had to be simulated and only 7 with the mathematical optimization method.

### Keywords:

Renewable Energy, Energy, Batteries, Economic Analysis, Energy Management Algorithm, Optimization Tool, self-consumption plant unit.





## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar, desejo expressar minha profunda gratidão à minha família pelo apoio constante ao longo da minha jornada acadêmica, pois sem eles nada disso teria sido possível. Também quero estender meus agradecimentos à minha namorada, Teresa, pela sua ajuda, carinho e motivação ao longo desse percurso. Um sincero agradecimento a todos os meus colegas de curso e amigos que estiveram sempre ao meu lado.

Não posso deixar de reconhecer a contribuição significativa dos meus orientadores, Fernando Nunes e Ana Martins, que generosamente dedicaram seu tempo à orientação da minha tese, oferecendo contribuições valiosas e compartilhando o conhecimento essencial para a melhoria da dissertação.

Por último, mas não menos importante, quero expressar minha gratidão ao Instituto Superior de Engenharia de Lisboa e a todos os engenheiros que encontrei ao longo da minha jornada, pois eles proporcionaram uma experiência enriquecedora e agradável.

A todos vocês, meu mais sincero obrigado.

Manuel Aurora



# Índice

Resumo.....	5
Abstract .....	7
Agradecimentos.....	9
1 Introdução.....	25
1.1 Enquadramento .....	25
1.2 Motivação .....	29
1.3 Objetivos.....	29
1.4 Estrutura da dissertação .....	30
2 Estado de Arte .....	35
2.1 Atualidade.....	35
2.1.1 Trabalhos realizados por outros autores na área.....	35
2.2 Conceitos Técnicos .....	36
2.2.1 Célula, Módulo, Painel Fotovoltaico e String.....	36
2.2.2 Condições de referência.....	37
2.2.3 Inversor CC-CA.....	39
2.2.4 Inversores Autônomo (off-grid) .....	39
2.2.5 Inversores de Rede (On-grid) .....	40
2.2.6 Inversores híbrido.....	41
2.2.7 Sistemas de Armazenamento por Baterias.....	42
2.2.8 Baterias Chumbo-ácido .....	45
2.2.9 Baterias Lítio .....	45
2.2.10 Bateria Níquel-cádmio .....	45
2.2.11 Baterias de Níquel-molibdênio.....	46
2.2.12 Controlador de carga .....	46
2.2.13 Unidade Produção Autoconsumo .....	46
2.2.14 Autossuficiência .....	48
2.3 Conceitos económicos .....	48
2.3.1 Função do valor atualizado.....	48
2.3.2 Valor Atual Líquido.....	49
2.3.3 Taxa Interna Rentabilidade.....	49
2.3.4 Retorno do Investimento .....	50
2.3.5 Período de Recuperação de Capital investido.....	51
3 Metodologia.....	54
3.1 Caso em Estudo .....	54
.....	54
3.2 Método gestão de energia .....	55

3.2.1	Abordagem contínua à dissertação de Teresa Jordão .....	55
3.2.2	Novo parâmetro – área mínima necessária .....	56
3.2.3	Radiação Solar e temperatura do caso em estudo .....	59
3.2.4	Tarifa Horária .....	59
3.2.5	Casos estudados utilizando método Gestão de energia.....	61
3.3	Algoritmo de otimização (solver) .....	66
4	Resultados obtidos.....	75
4.1	Solução ótima sem armazenamento .....	75
4.2	Solução ótima com armazenamento.....	81
4.3	Análise Sensibilidade económica - Solução ótima com armazenamento.....	83
4.4	Solução ótima sem armazenamento através da ferramenta de otimização.....	84
4.5	Solução ótima com armazenamento através da ferramenta de otimização .....	86
5	Conclusões.....	90
5.1	Conclusões .....	90
5.2	Trabalhos futuros .....	93
	Bibliografia.....	94

## Lista de Figuras

Figura 1.1- Evolução da Potência Instalada para diversas fontes de energia em Portugal [25].....	26
Figura 1.2 - Potencial Fotovoltaico na Europa [26].....	27
Figura 1.3 - Potencia Fotovoltaico em Portugal e mapa representativo de Portugal [27].....	28
Figura 2.1 - Representação Esquemática de uma célula Fotovoltaica [10] [9].....	37
Figura 2.2 - Representação da célula, módulo e painel fotovoltaico .....	37
Figura 2.3 - Influência da temperatura na tensão de saída e influência da corrente com a radiação incidente [9].....	38
Figura 2.4 - Esquema representativo de um sistema Isolado da Rede Elétrica [12].....	40
Figura 2.5 - Esquema representativo de um sistema Ligado à Rede Elétrica [12] .....	41
Figura 2.6 - Esquema representativo de um sistema híbrido [12] .....	42
Figura 2.7 - princípio de funcionamento de uma célula de bateria [13] .....	43
Figura 2.8 - Representação da curva de descarga para uma célula Li-ion com 33,3Ah [13].....	44
Figura 2.9 -Esquemas tipo de ligação de uma UPAC [14] .....	48
Figura 2.10 - Comparação entre os VAL e as TIR para o projeto A e B [9] .....	50
Figura 3.1 - Localização da unidade Fabril .....	54
Figura 4.1 - Exemplo de uma montagem de paineis fotovoltaicos com distância mínima entre strings [20] .....	56
Figura 4.2 - Vista de perfil do exemplo da montagem de painies fotovoltaicos com distância.....	56
Figura 4.3 - Exemplo representativo de uma instalação fotovoltaica .....	58
Figura 4.4 - Ciclo Semanal para os fornecimento em Portugal Continental [22] .....	60
Figura 4.5 - Estruturação para determinação da potência ótima a instalar sem armazenamento .....	64
Figura 4.6 - Estruturação para determinação da potência ótima a instalar com armazenamento .....	65
Figura 4.7 - Estruturação do comportamento do VAL na redução do custo dos equipamentos de armazenamento.....	65
Figura 4.8 - Exemplo representativo do funcionamento do GRD não linear.....	67
Figura 4.9 - Resumo das características fundamentais dos equipamentos da instalação [17] .....	67
Figura 4.10 - Amostragem Parcial do Algoritmo, células não modificadas para utilização do Solver [17] .....	68
Figura 4.11 - Balanço de energia do algoritmo .....	70

## Lista de Gráficos

Gráfico 5.1 - VAL em função da potência instalada - Soluções com menor investimento inicial .....	75
Gráfico 5.2 - VAL em função da potência instalada - Melhores Soluções com menor investimento inicial .....	76
Gráfico 5.3 - VAL em função da potência instalada - Soluções com maior eficiência .....	77
Gráfico 5.4 - VAL em função da potência instalada - Melhores Soluções com maior eficiência .....	78
Gráfico 5.5 - VAL em função da potência instalada - Compilação de todas as soluções.....	79
Gráfico 5.6 VAL em função da potência instalada - Compilação de todas as melhores soluções.....	79
Gráfico 5.7 - VAL em função do armazenamento - Comparação soluções com armazenamento e solução ótima sem armazenamento .....	81
Gráfico 5.8 - VAL em função da redução de custo dos equipamentos de armazenamento.....	83

## Lista de Tabelas

Tabela 1.1 - Perspetivas de evolução da capacidade instalada para a produção de eletricidade [28].....	27
Tabela 2.1 - Condições de Acesso e de exercício de atividade para as UPAC [14] .....	47
Tabela 3.1 - Inputs necessários à utilização do Algoritmos de gestão de energia .....	55
Tabela 4.2 - Resumo da tarifa energética da unidade fabril .....	60
Tabela 4.3 - Potência a instalar inferida para determinação da potência ótima a instalar sem armazenamento.....	63
Tabela 4.4 - Inclinações inferidas para determinação da potência ótima a instalar.....	63
Tabela 4.5 - Escalões de capacidade de armazenamento inferidos para determinação da capacidade de armazenamento ótima.....	64
Tabela 5.1 - Resumo das melhores soluções sem armazenamento.....	80
Tabela 5.2 - Resumo da melhor solução com armazenamento.....	82
Tabela 5.3 - Valores obtidos pela ferramenta de Otimização para a solução ótima sem armazenamento..	84
Tabela 5.4 - Comparação dos Resultados obtidos do solver com o Gráfico 5.3.....	85
Tabela 5.5 - Valores obtidos pela ferramenta de Otimização para a solução ótima com armazenamento .	86
Tabela 6.1 - Resumo das características principais da solução ótima sem e com armazenamento .....	91
Tabela 6.2 – Resumo energético da Solução ótima gerada pelo algoritmo de gestão de energia.....	92





## Lista de Siglas

APREN: Associação Portuguesa de Energias Renováveis

c.a.: Corrente Alternada

c.c.: Corrente Contínua

DOD: *Depth of Discharge* (Profundidade da descarga)

ERSE: Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

NOCT: *Nominal Operating Cell Temperature*

OAL: observatório astrológico de lisboa

PFV: Função do Valor Atualizado

PNEC: Plano Nacional de Energia e Clima

PP: Período de recuperação de capital investido (*payback*)

PVGIS: *Photovoltaic Geographical Information System*

RESP: Rede Elétrica de Serviço Público

ROI: Retorno do investimento

SOC: *State of Charge* (Estado da carga)

STC: *Standart Test Conditions*

*String*: Fileira

TIR: Taxa interna de Rentabilidade

UE: União Europeia

UPAC: Unidade de Produção de Autoconsumo

VAL: Valor Atual Líquido



## Lista de Símbolos

Variável	Descrição	unidade
$A$	Área a instalar	$m^2$
$C_{Bat}$	Custo unitário das baterias	€
$C_{inv}$	Custo unitário do inversor	€
$C_{méd_{inv}}$	Custo médio dos inversores a utilizar	€
$C_{méd_{painel}}$	custo médio dos painéis a utilizar	€
$C_p$	Comprimento do painel projetado	m
$C_{Painel}$	Custo unitário do painel	€
$\cos A$	Cosseno do azimute solar no pior mês às 10h solares	°
$d_{min}$	Distância mínima entre fileiras	m
Desperdício	Desperdício em função da quantidade de painéis	€
$h_p$	altura do painel verticalmente projetada	m
$I_0$	Investimento inicial	€
INV	Quantidade de inversores	un
L	Comprimento do painel	m
$Larg_p$	Largura do painel fotovoltaico	m
$P_{AC}$	Produção total dos inversores	kWh
$P_{DC}$	Produção total dos painéis fotovoltaicos	kWh
$P_{MP}(S)$	Potência do painel em condições STC em função da radiação	Wp
$P_{Painel}$	Potência do painel em condições STC	Wp
$P_{Parque}$	Potência do parque	kWp
$PMP(T_{mod})$	Potencia de saída real do modulo	W
$Q_{Painel_{String}}$	Quantidade de painéis por string	un
$Q_{Bat}$	Quantidade de baterias	un
$Q_{inv}$	Quantidade de inversores	un
$Q_{Painel}$	n° de módulos	un
S(h)	Irradiação	$k/m^2$
ST	N° de strings por inversor	un
$T_{amb}$	Temperatura ambiente	°C
$T_{mod}(H)$	Temperatura do modulo	°C
Tg H	Tangente da altura do sol (ângulo) do mês mais desfavorável na latitude do local	°
$\gamma$	Coeficiente da variação da potência em função da variação da temperatura	%/°C



## Lista de Unidades

<b>Unidade</b>	<b>Nome</b>	<b>Grandeza</b>
Wp	Watt de pico	Potência
W	Watt	Potência
°C	Grau Centígrado	Temperatura
Ah	Capacidade	Energia
Wh	Watt-hora	Energia
€	Euro	Unidade Monetária
°	Grau de ângulo	Medida angular
Wh	Watt-hora	Energia
m	Metro	distância
m <sup>2</sup>	Metro quadrado	Área
%	Porcentagem	Proporção



# Capítulo I

## Introdução

**Resumo:**

*Neste capítulo apresenta-se o enquadramento da dissertação na atualidade.*

*Quantifica-se os objetivos em estudo e a motivação para estes.*

*Explicita-se também a organização dos capítulos, evidenciando-se a estrutura desta, de modo que a ideia de raciocínio se apresente objetivada e simplificada para conclusão do estudo em causa.*





# 1 Introdução

## 1.1 Enquadramento

Atualmente, a utilização da eletricidade é fulcral em qualquer tipo de mercado existente. Deste modo o bem-estar social da sociedade depende fundamentalmente do uso da eletricidade. Esta eletricidade poderá ser proveniente de inúmeras fontes, renováveis ou não renováveis.

As fontes de energia não renováveis, provêm maioritariamente do petróleo, carvão e do gás natural, sendo a combustão dessas fontes grandes emissoras de dióxido de carbono. Estas também apresentam um tempo de renovação elevado face ao consumo exigido, levando assim ao seu esgotamento.

Já as fontes de energia renováveis, são aquelas provenientes de recursos naturais renováveis, tais como energia solar, biomassa, geotérmica, eólica, entre outras, e são consideradas fontes sustentáveis devido à sua capacidade de regeneração [1].

Outro dos aspetos a observar nos tempos que nos percorrem trata-se do combate contra os gases de efeitos de estufa, maioritariamente na queima do dióxido de carbono libertado pelas fontes não renováveis. Em prol do melhoramento da sociedade e da biosfera existe um esforço na transição para o aumento do contributo das fontes renováveis.

A união europeia ambiciona em 2050 atingir a neutralidade carbónica, através do plano “Fit for 55” [2]. Alguns dos processos essenciais deste plano são os seguintes:

- Aumento significativo na geração e energias renováveis, com o objetivo de produção renovável de 40% até 2030 [3];
- Aumento da tributação da energia consumida proveniente dos combustíveis mais poluentes de modo a incentivar o uso de energias mais limpas e de indústrias mais sustentáveis e respeitadoras do ambiente [4];
- O uso florestal, pois absorve mais carbono do que o libertado, devido à fotossíntese. As florestas da UE absorvem quase 10% das emissões anuais da UE [5];

De acordo com a Figura 1.1, retirada da APREN (Associação Portuguesa de Energias Renováveis), observa-se em Portugal o aumento crescente da potência renovável e a quebra do combustível fóssil.

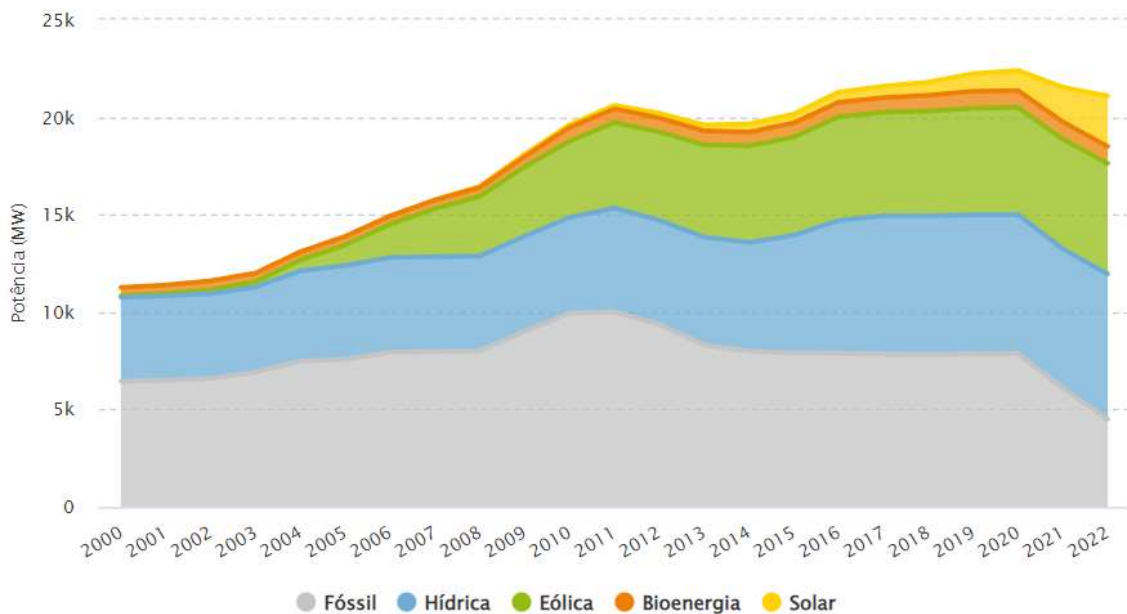


Figura 1.1- Evolução da Potência Instalada para diversas fontes de energia em Portugal [25]

Constata-se que desde 2015 até 2022 a energia eólica aumentou a sua potência de 5000 MW para 5671 MW, a bioenergia de 726 MW para 865 MW, a energia hídrica de 6031 MW para 7463 MW e por fim a energia solar de 454 MW para 2591 MW. Deste modo, admite-se que o setor energético renovável com mais crescimento em Portugal nos últimos anos é o setor solar.

Observa-se também que Portugal se apresenta como um país de elevado mix energético, isto é, apresenta uma vasta potência renovável de inúmeras fontes.

Também em relação a Portugal, a PNEC (Plano Nacional de Energia e Clima) ambiciona até 2030 atingir uma capacidade instalada de 20,4 GW para a produção de energia elétrica através do solar fotovoltaico. Na Tabela 1.1 é possível verificar a estimativa da potência instalada (GW) para Portugal até 2030.

Tabela 1.1 - Perspetivas de evolução da capacidade instalada para a produção de eletricidade [28]

(GW)	2025	2030
<b>Hídrica</b>	<b>8.1</b>	<b>8.1</b>
<b>Eólica</b>	<b>6.3</b>	<b>12.4</b>
<b>Solar fotovoltaico</b>	<b>8.4</b>	<b>20.4</b>
Do qual centralizado	6.1	14.9
Do qual descentralizado	2.3	5.5
<b>Solar térmico concentrado</b>	<b>0.0</b>	<b>0.6</b>
<b>Gás Natural</b>	<b>4.9</b>	<b>3.8</b>
<b>Produtos petrolíferos</b>	<b>0.6</b>	<b>0.4</b>

Portugal, devido à sua geografia, apresenta-se como um dos melhores países com maior potencial para o uso da energia solar, segundo o *software* solargis, tal como é possível verificar na Figura 1.2.

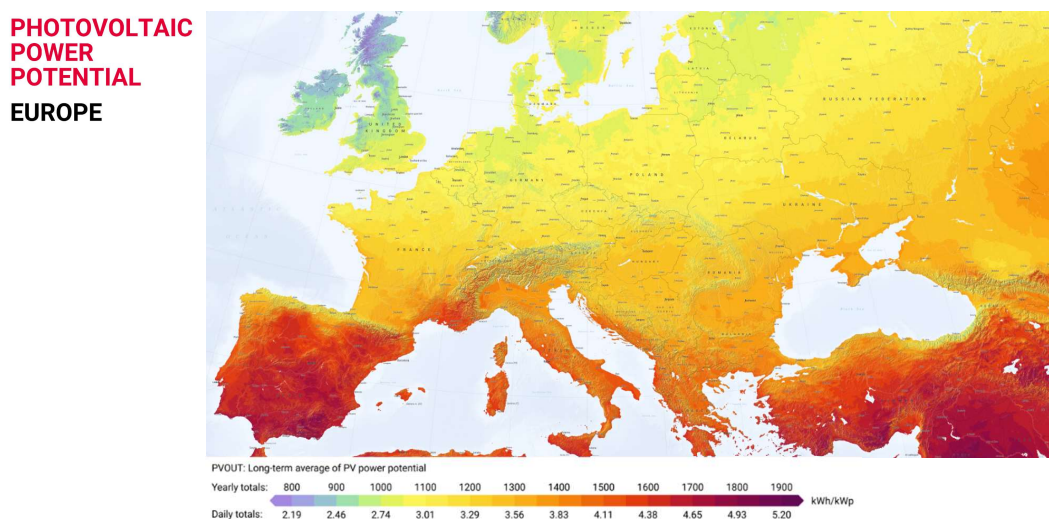


Figura 1.2 - Potencial Fotovoltaico na Europa [26]

Através da Figura 1.3, é possível verificar que Portugal apresenta um maior potencial para produção de energia solar no interior do centro do país e sul, nomeadamente nas zonas do Alentejo e do Algarve.



Figura 1.3 - Potencia Fotovoltaico em Portugal e mapa representativo de Portugal [27]

## **1.2 Motivação**

A energia solar é cada vez mais procurada no setor industrial, devido à sua capacidade de reduzir os custos de energia. Uma das formas de aproveitamento da energia solar em ambientes industriais é através da instalação de painéis solares em telhados e outras áreas com potencial de aproveitamento, como fachadas e terrenos adjacentes. Essa prática pode ajudar a reduzir significativamente os custos de energia elétrica e de contribuir para a redução da pegada de carbono das empresas. Além disso, a instalação de painéis solares em telhados pode ser uma forma eficiente de aproveitar espaços ociosos e melhorar a eficiência energética dos edifícios industriais, reduzindo assim o impacto ambiental e os custos operacionais das empresas.

Resumidamente, a utilização das novas tecnologias, nomeadamente para o aproveitamento solar, contribui no desenvolvimento de novas ferramentas que otimizam a rentabilidade das empresas a nível económico e ambiental.

## **1.3 Objetivos**

O objetivo do estudo debruça-se numa avaliação tecno-económica da implementação de um sistema de produção fotovoltaica sobre uma fábrica que se encontra sendo operada sem interrupção horária.

Será utilizado um algoritmo de gestão de energia previamente construído e desenvolvido. Com a colocação das variáveis necessárias no algoritmo, este dar-nos-á a informação necessária para determinar a potência fotovoltaica a instalar sem capacidade de armazenamento economicamente mais rentável. Posteriormente será efetuado o mesmo estudo, com o objetivo de encontrar a situação economicamente mais viável, com a implementação de equipamentos que possibilitam o armazenamento de energia.

Durante a utilização do algoritmo, desenvolver-se-á a ferramenta que permite acrescentar ao estudo o critério da área necessária para a implementação dos painéis fotovoltaicos e verificando a sua viabilidade em função da área disponível.

Por último, utiliza-se uma ferramenta de otimização com o objetivo de comparar os resultados do algoritmo de gestão com a ferramenta de otimização, verificando a sua concordância ou não.

## 1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação em estudo apresenta 5 capítulos:

### Capítulo I.

Primeiramente enquadrar-se a dissertação na atualidade, onde se aborda o impacto da eletricidade a nível mundial na sociedade. Explicita-se o significado de energias renováveis e não renováveis e demonstra-se exemplos de ambas as energias.

Refere-se os principais aspetos a objetivar relevantes ao estudo do tema;

Enaltece-se a motivação do estudo em causa, ambicionando o seu contributo ambiental.

### Capítulo II.

No segundo capítulo, contextualiza-se o tema, inserindo-o na atualidade. Apresenta-se uma definição teórica simplificada aos elementos principais, tais como o painel solar, o inversor, a bateria, *string*, entre outros. A explicação teórica ambiciona apresentar um contacto prévio dos elementos de modo que a leitura do documento se torne mais perceptível. Aborda-se também os termos técnicos de análise à viabilidade do estudo fotovoltaico.

### Capítulo III.

Apresenta-se a localização do caso em estudo.

Observa-se os *inputs* necessários à utilização do algoritmo, por exemplo consumo energético, tarifas energéticas, equipamentos utilizados. Aborda-se a metodologia adotada no estudo energético e as considerações adotadas. Efetua-se um estudo prévio de modo a suportar a metodologia utilizada e será evidenciado as equações necessárias para o estudo tecno-económico.

### Capítulo IV.

São apresentados dos inúmeros cenários desenvolvidos. Efetua-se uma análise detalhada do comportamento dos diversos cenários em função da sua viabilidade tecno-económica.

## Capítulo V.

Este capítulo incide na conclusão do estudo previamente obtido no capítulo anterior, realçando se o tipo de investimento da instalação é benéfico ou não à entidade empresarial durante o tempo de vida útil da instalação fotovoltaica;

Apresenta-se possíveis aspetos a melhorar e novos desenvolvimentos no futuro do algoritmo utilizado.





# Capítulo II

## Estado da Arte

***Resumo:***

*Neste capítulo apresenta-se trabalhos realizados de diferentes autores sobre casos de estudos similares ao estudo em causa.*

*Aborda-se uma explicação teórica de vários elementos, de modo a tornar a leitura do documento mais perceptível.*



## **2 Estado de Arte**

### **2.1 Atualidade**

#### **2.1.1 Trabalhos realizados por outros autores na área**

De modo a enquadrar o estudo da dissertação em causa, abordou-se três estudos que apresentam ideias relacionadas ao tema em questão.

Um dos estudos realizados por outro autor na área, é a utilização de painéis onde a sua hora de pico de produção corresponda à hora de consumo. Os locais de trabalhos, são um exemplo para as variáveis referidas anteriormente. O caso em estudo incide num polo universitário. O estudo foi concretizado através de um diagrama de carga médio e da temperatura e irradiância mensal. Contabilizou-se um total de 517 painéis fotovoltaicos de 300 Wp distribuídos por 2 edifícios, onde a produção estimada é de 377 MWh. O sistema fotovoltaico apresentou uma autonomia média de 12,86%. O Investimento inicial é cotado pelo valor de 261 110€, sendo que a manutenção e operação acresce 2 611€ anuais. Através de uma avaliação do projeto a 25 anos, calculou-se o VAL, o TIR e o Payback, sendo estes 317 401€, 14,5% e 8 anos respetivamente. [6]

O segundo trabalho realizado na área, é o estudo realizado num processo técnico económico de um sistema fotovoltaico para autoconsumo.

A dissertação apresenta como principal objetivo a comparação do modelo teórico e do prático, isto é, através de um sistema já implementado, comparou-se com o modelo teórico pela utilização de materiais e condições de temperaturas e de radiação equivalentes ao real.

Contabilizou-se uma produção de 76,64 MWh, um autoconsumo de 7,2% e uma autonomia de 28,2%. Verificou-se um erro de 1% na previsão da energia produzida, de 2,7% no autoconsumo e de 3,7% na autonomia, mostrando valores bastante próximos do modelo implementado.

Estudou-se o incremento de métodos de armazenamento de modo a melhorar o autoconsumo e a autonomia, com um objetivo de 100% de Autoconsumo. Concluiu-se que para cada incremento de bateria, o VAL diminuía, não sendo assim nenhuma solução viável.

Para uma avaliação de 25 anos sem baterias, prevê-se um VAL de 70819,69 €, a TIR de 12,32% e o *Payback* foi de 10 anos [7].

O último trabalho aborda um dimensionamento fotovoltaico com capacidade de armazenamento ligado à rede elétrica, utilizando uma ferramenta de cálculo que realize uma análise tecno-económica. Foi considerado dois métodos para o dimensionamento da capacidade de armazenamento, carregando as baterias com a produção em excesso de energia fotovoltaica e uma estratégia dinâmica, isto é, a bateria apresenta um carregamento nos períodos em que o custo energético é menor. O estudo apresentou um dimensionamento da potência instalada, a capacidade de armazenamento e os parâmetros de operação do sistema. [8]

## **2.2 Conceitos Técnicos**

### **2.2.1 Célula, Módulo, Pannel Fotovoltaico e String**

As células fotovoltaicas com maior disponibilidade no mercado são as de silício monocristalino e silício policristalino. Esta tecnologia é bastante fiável e apresenta uma boa vida útil, cerca de 25 anos.

As células fotovoltaicas apresentam 2 regiões, a região p (acumulador de lacunas, cargas positivas) e o lado n (acumula eletrões, cargas negativas). Quando exposto a radiação solar formam uma lacuna e, ao atingir uma certa proximidade entre as duas regiões irá haver uma transferência de eletrões, criando um campo elétrico que conseqüentemente cria uma diferença de potencial. Caso o circuito seja fechado com uma carga, este irá produzir uma corrente elétrica, senão apresenta uma tensão de circuito aberto. A corrente elétrica de uma célula fotovoltaica resulta da soma da corrente gerada pela transferência de eletrões absorvidos da radiação solar [9] [10]. Na Figura 2.1 está a representação de uma célula fotovoltaica.

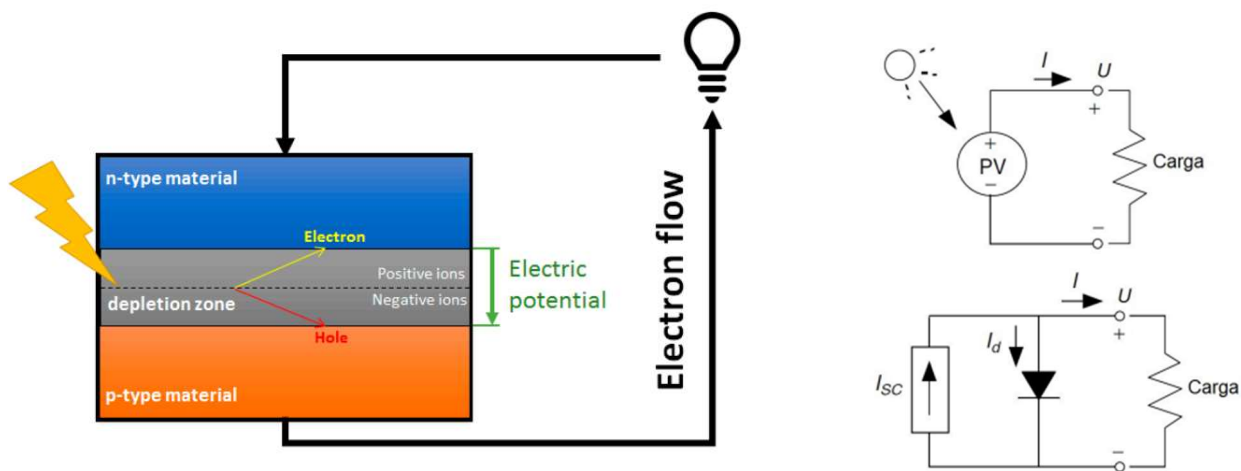


Figura 2.1 - Representação Esquemática de uma célula Fotovoltaica [10] [9]

Um módulo consiste em várias células ligadas em série para aumentar a tensão e consequentemente um painel é um conjunto de módulos ligados em série e em paralelo, aumentando a tensão e corrente de modo a maximizar a potência. Na Figura 2.2 encontra-se a representação da célula, módulo e painel fotovoltaico [9]

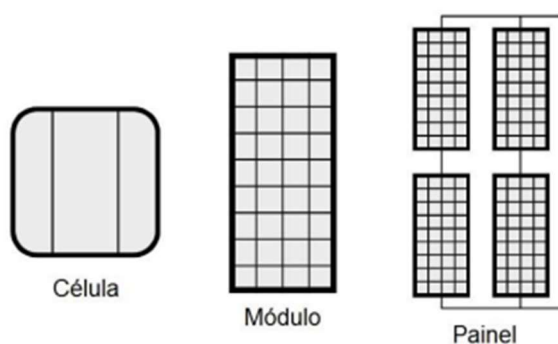


Figura 2.2 - Representação da célula, módulo e painel fotovoltaico

Uma *string* é um conjunto de painéis ligados em série com o objetivo de aumentar a tensão que chegue à carga.

### 2.2.2 Condições de referência

Usualmente, uma das características identificativas do painel fotovoltaico é a indicação da sua potência elétrica de pico (Wp). Esta potência fornecida nas condições STC (*Standart Test conditions*), nas quais são efetuadas em laboratório apresentam os seguintes valores de referência:

- irradiação de 1000 W/m<sup>2</sup>;
- massa de ar de 1,5;
- velocidade do vento a 1 m/s;
- temperatura da célula a 25°C.

A temperatura da célula e a radiação incidente são fatores que influenciam fortemente o comportamento de um painel fotovoltaico, tal como é possível observar na Figura 2.3:

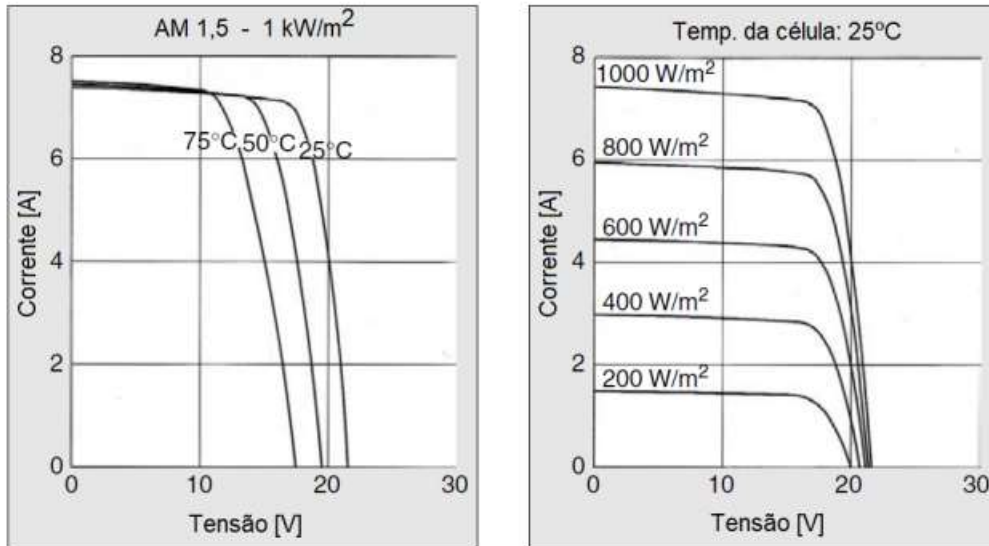


Figura 2.3 - Influência da temperatura na tensão de saída e influência da corrente com a radiação incidente [9]

Observa-se que com o aumento da radiação incidente no painel melhora a sua eficiência, aumentando a sua corrente de saída, e para cada incremento de temperatura, diminui a eficiência deste, baixando a tensão de saída. Com estas oscilações, a potência do módulo irá variar.

A equação da potência em função a variação da temperatura é descrita abaixo:

$$\gamma = \frac{\Delta P_{MP}}{\Delta T} \rightarrow P_{MP}(T_{mod}) = P_{MP}(STC)[1 + \gamma(T_{mod} - 25)] \quad (2.1)$$

$$\Delta T = T_{mod} - 25 \quad (2.2)$$

Onde:

$P_{MP}(T_{mod})$ : Potência de saída do módulo real, W

$P_{MP}(STC)$ : Potência de saída em condições de referência, W

$T_{mod}$ : Temperatura da célula fotovoltaica, °C

$\gamma$ : coeficiente da variação da potência em função da variação da temperatura, %/°C

Em situações reais, isto é, em ambientes não controlados, as condições STC não são aplicadas na maioria do tempo. Deste modo, para cada tipo de célula é exposto (em

circuito aberto) uma radiação de  $800 \text{ W/m}^2$  com uma temperatura ambiente do ar a  $20^\circ\text{C}$  e com uma velocidade do vento a  $1 \text{ m/s}$ . Para este tipo de referências atmosféricas, denomina-se pela sigla NOCT (Nominal Operating Cell Temperature), onde a temperatura da célula se encontra normalmente no intervalo entre os  $40^\circ\text{C}$  e os  $50^\circ\text{C}$ . Quanto menor o NOCT da célula, melhor será o seu desempenho pois, como visto anteriormente, quanto menor a temperatura maior será a tensão.

A equação apresentada posteriormente, indica o cálculo da temperatura do módulo:

$$T_{mod} = T_{amb} + \frac{NOCT - 20}{0,8} \times S \quad (2.3)$$

Onde:

$T_{mod}$ : Temperatura do módulo,  $^\circ\text{C}$

$T_{amb}$ : Temperatura ambiente,  $^\circ\text{C}$

NOCT: Fornecido pelo fabricante do painel,  $^\circ\text{C}$

S: Irradiação,  $\text{kW/m}^2$

Quando desconhecido o valor de NOCT, por norma é assumido um valor de  $44^\circ\text{C}$ .

Deste modo, através das equações 2.1, 2.2 e 2.3, é possível o cálculo da potência real do painel em função das condições onde este se encontra instalado com as variantes atmosféricas do local.

### **2.2.3 Inversor CC-CA**

Um inversor é um dispositivo eletrónico que recebe c.c. (corrente contínua) e transforma em c.a. (corrente alternada). A energia de c.c. poderá ser obtida através da produção fotovoltaica ou do armazenamento de energia através baterias. As eficiências dos inversores estão compreendidas entre os 94% e os 98% [11].

Alguns dos aspetos a considerar no inversor será as suas características; este deverá ser concordante com as características de instalação. No caso em estudo, o inversor deverá apresentar a mesma frequência, tensão alternada adequada às necessidades da fábrica, respetivamente 50 Hz e 400 V.

### **2.2.4 Inversores Autónomo (off-grid)**

Um sistema acoplado a um inversor autónomo é um sistema que funciona sem o sincronismo da rede, ou seja, não está ligado à Rede Elétrica de Serviço Pública. Este tipo de sistema é projetado para haver excedente de produção de modo a ser possível armazenar energia através de baterias, para os períodos em que não exista produção, haver energia armazenada para consumo. As grandes desvantagens do sistema isolado são o

facto de necessitarem de uma grande capacidade de armazenamento, levando a um custo significativo e, caso exista alguma falha em equipamentos essenciais, como as baterias e inversores, poderão não satisfazer as necessidades da carga.

Estes sistemas normalmente utilizam-se em áreas remotas sem acesso a eletricidade [12].

A Figura 2.4 apresenta um exemplo doméstico de um sistema *Off-Grid*.

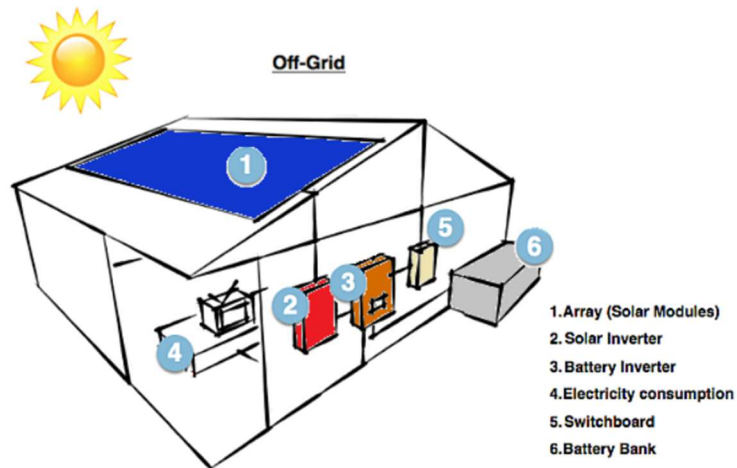


Figura 2.4 - Esquema representativo de um sistema Isolado da Rede Elétrica [12]

### 2.2.5 Inversores de Rede (On-grid)

Os sistemas de produção *on-grid* são sistemas comuns no que toca à indústria. Os inversores estão sincronizados à Rede Elétrica de Serviço Pública e qualquer excedente de produção é injetado nesta. Uma das desvantagens destes sistemas é que não são capazes de produzir excedente para armazenar, por exemplo em baterias. Como este depende exclusivamente da sua ligação à rede elétrica, qualquer falha na rede, o sistema é interrompido [12].

A Figura 2.5 apresenta um exemplo doméstico de um sistema *On-Grid*.



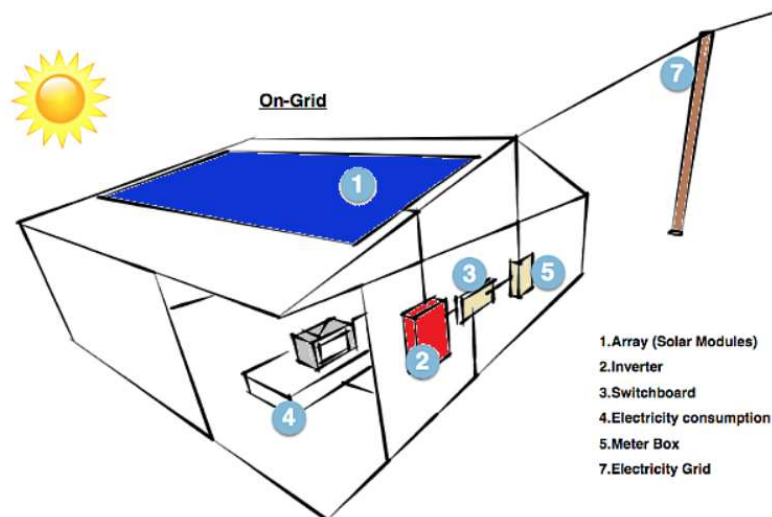


Figura 2.5 - Esquema representativo de um sistema Ligado à Rede Elétrica [12]

### 2.2.6 Inversores híbrido

Os sistemas com inversores híbridos apresentam uma grande vantagem em relação aos sistemas *off-grid* e *on-grid*, sendo esta a versatilidade de operarem quer sincronizado, quer isolados da rede elétrica. Com esta grande vantagem, os inversores híbridos acrescentam uma melhor rentabilidade a um sistema fotovoltaico, podendo redirecionar excedente de energia para armazenamento, e caso falhe a rede, isolar o sistema e operar apenas através da energia armazenada. A energia armazenada também poderá ser utilizada em períodos sem produção, como o caso da utilização das baterias em horários noturnos. Caso a energia armazenada não seja suficiente para satisfazer a carga, o sistema apresenta sempre um *backup*, utilizando rede elétrica para satisfazer as suas necessidades, levando assim a uma maior segurança elétrica [12].

A Figura 2.6 apresenta um modelo doméstico de um sistema híbrido.

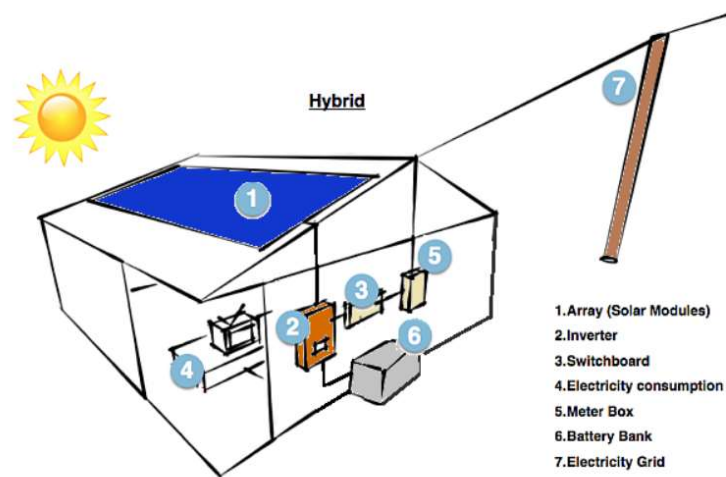


Figura 2.6 - Esquema representativo de um sistema híbrido [12]

### 2.2.7 Sistemas de Armazenamento por Baterias

A conversão de energia para armazenamento de energia dada através da reação eletroquímica reversível, sendo esta o estudo entre a eletricidade e a química. O armazenamento de energia por meio de baterias é baseado em reações de oxidação-redução (também conhecidas como reações redox). Nas baterias, a energia é armazenada na forma química e convertida posteriormente em energia elétrica conforme necessário.

A oxidação apresenta como a perda de elétrons na reação química, por exemplo oxidação. Em relação à redução, esta define-se como o ganho de elétrons na reação ocorrida [13].

Este fenômeno de transferência de elétrons ao ocorrer de forma espontânea, produz energia elétrica [9].

Quando uma bateria fornece energia (descarga), a reação transfere elétrons do ânodo para o cátodo, como é possível verificar na figura 2.7. Quando uma bateria se encontra a ser carregada, o processo é reversível.

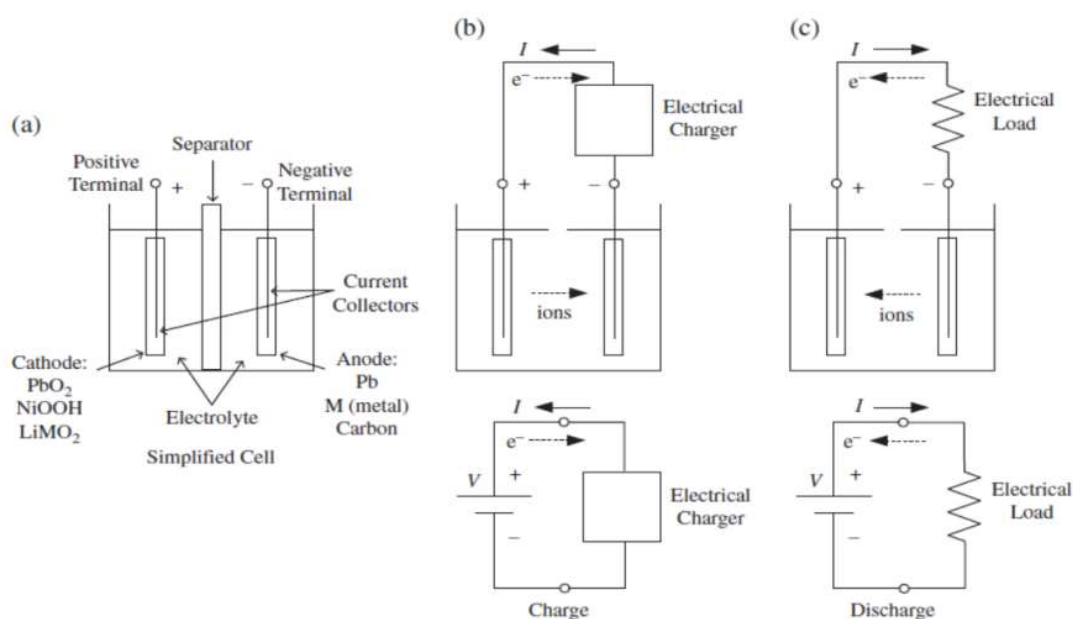


Figura 2.7 - princípio de funcionamento de uma célula de bateria [13]

## Capacidade

Outro aspeto importante das baterias é a sua capacidade,  $C$ , esta medida demonstra a rapidez de carga e descarga em comparação com a sua capacidade total. A expressão da capacidade é dada através de:

$$C = i \times t \quad (2.4)$$

Onde:

**$C$ : Capacidade, Ah**

**$i$ : Corrente elétrica, A**

**$t$ : tempo, h**

Através da expressão da capacidade, destaca-se que a capacidade da bateria é dependente da corrente que esta pode fornecer no intervalo de tempo.

As baterias não apresentam um comportamento linear, como é possível observar na Figura 2.8. A célula é uma fração da bateria, onde a colocação de células em série aumenta a tensão desejada da bateria e a colocação em paralelo aumenta a corrente fornecida pela bateria.

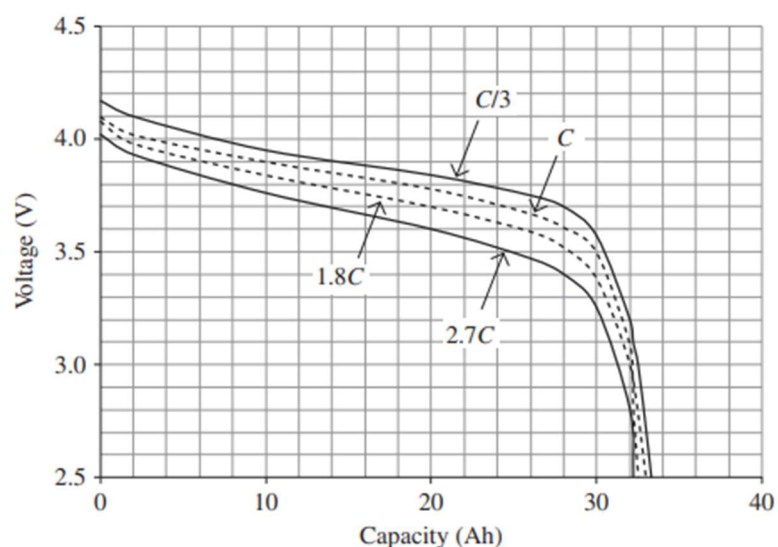


Figura 2.8 - Representação da curva de descarga para uma célula Li-ion com 33,3Ah [13]

Considerando o exemplo da Figura 2.8, para uma capacidade de 33,3 Ah, a célula apresenta os seguintes resultados:

- Curva 1,8C :  $i = 1,8 \times 33,3 = 60 \text{ A} \Rightarrow t = \frac{33,3}{60} = 0,56 \text{ h} \approx 34 \text{ min}$
- Curva 2,7C :  $i = 2,7 \times 33,3 = 90 \text{ A} \Rightarrow t = \frac{33,3}{90} = 0,37 \text{ h} \approx 22 \text{ min}$
- Curva C/3 :  $i = 0,33 \times 33,3 = 11,1 \text{ A} \Rightarrow t = \frac{33,3}{11,1} = 3 \text{ h} \approx 180 \text{ min}$

Afirma-se com os resultados anteriores que para uma capacidade igual na célula, quanto menor for a intensidade de corrente, maior é o tempo de descarga. O raciocínio efetuado na célula é análogo a um sistema de armazenamento de baterias.

Em relação ao estado da bateria, são utilizados o SOC (*State of charge*) e o DOD (*Depth of Discharge*), ambos expressos em percentagem. O SOC representa a capacidade armazenada disponível a utilizar e o DOD apresenta a quantidade de energia armazenada que é possível de descarregar a bateria.

### **2.2.8 Baterias Chumbo-ácido**

As baterias de chumbo-ácido apresentam a maior capacidade de armazenamento de energia no mundo. Estas são criadas maioritariamente a partir de chumbo, ácido sulfúrico e plástico. Apesar de apresentar *outputs* medíocres, o custo de produção é muito baixo em relação a outras tecnologias, mantendo-se assim com predominância no mercado.

Analisando os seus parâmetros, as baterias de chumbo-ácido demonstram uma eficiência de ciclos de carga-descarga entre os 80 e 90% e uma densidade de energia de 25 a 35 Wh/kg. As baterias apresentam um tempo de vida útil compreendido de 6 a 12 anos cerca de 2000 ciclos de carga-descarga.

A reutilização desta bateria abrange praticamente toda a sua composição [9].

### **2.2.9 Baterias Lítio**

As baterias de íões de lítio predominam o mercado das tecnologias, como os computadores portáteis, *tablets* e ferramentaria elétrica. As tecnologias da bateria de lítio apresentam a maior densidade de energia (acima dos 200 Wh/kg) no mercado das baterias recarregáveis e ainda apresentam eficiências elevadas, compreendidas entre os 90 e 95%. Caracterizam-se também pela sua alta densidade de potência, segurança, o alto número de ciclos de carga-descarga bem como a versatilidade de poderem operar com altas e baixas temperaturas ambientes.

Com a transação dos veículos a combustão para elétricos, as baterias de íões de lítio encontram-se como os principais equipamentos em desenvolvimento no mercado [9].

### **2.2.10 Bateria Níquel-cádmio**

A tecnologia de armazenamento por Níquel-cádmio apresentam uma elevada robustez mecânica e um elevado tempo de vida útil, devido à sua capacidade de milhares ciclos de carga-descarga completos. É a tecnologia com melhor eficiência para temperaturas baixas [9].

Apresentam um custo elevado e uma menor eficiência em comparação com as baterias de chumbo-ácido. Para além das suas características, o seu componente cádmio é tóxico, apresentando uma grande barreira da sua colocação no mercado das baterias recarregáveis [9].

### **2.2.11 Baterias de Níquel-molibdénio**

Esta tecnologia desenvolvida veio ao encontro da substituição das baterias de Níquel-cádmio e apresentam uma maior densidade de energia e eficiência.

Ao facto de apresentar elevados ciclos de carga-descarga, e da sua robustez face a temperaturas baixas, as baterias de Níquel-molibdénio lideram o mercado dos veículos híbridos.

Um facto contraproducente será o seu elevado valor no mercado, dificultando assim a sua entrada em inúmeras aplicações [9].

### **2.2.12 Controlador de carga**

O controlador de carga aplica-se nomeadamente em sistemas fotovoltaicos com armazenamento de baterias, com o objetivo de proteger as baterias contra excessivos ciclos de carga-descarga, aumentando o tempo de vida útil das baterias e a sua proteção, pois caso estes falhem, as baterias poderão sofrer danos irreparáveis. Os controladores são dispositivos sensíveis e projetados para cada tipo de bateria, dando um exemplo, um controlador de carga projetado para baterias de chumbo-ácido não poderá ser utilizado num sistema com armazenamento de baterias de Níquel-Cádmio.

Os controladores desconectam o fornecimento de energia às baterias quando estas estão carregadas e interrompem o seu fornecimento à carga quando as baterias estão descarregadas.

Posto isto, de modo a escolher um controlador de carga, necessita-se primeiramente de ter conhecimento do tipo de bateria, a tensão e corrente a utilizar no sistema, porque quando maior o valor de corrente no sistema, maior o custo do controlador e menor a oferta no mercado.

Resumidamente os controladores asseguram um bom funcionamento das baterias em relação aos seus ciclos de carga-descarga ao evitar sobrecargas e DOD's elevados, e para além destas funções essenciais evitam correntes inversas (circulação de correntes entre as baterias e os painéis fotovoltaicos) [11].

### **2.2.13 Unidade Produção Autoconsumo**

Uma unidade de produção de autoconsumo (UPAC) é definida através de uma instalação de produção de energia elétrica através de energias renováveis, no estudo em causa será energia fotovoltaica. Esta produção é destinada para consumo próprio, para satisfazer as suas necessidades reduzindo assim a compra de energia da rede.

Nos casos de haver uma produção em excesso, o consumidor poderá armazenar a energia produzida através de baterias ou então injetar a energia na RESP, desde que a sua atividade principal não apresente ser a venda de energia elétrica.

As UPACs apresentam condições em função da sua potência instalada. Na Tabela 2.1 estão representadas as condições.

Tabela 2.1 - Condições de Acesso e de exercício de atividade para as UPAC [14]

Potência Instalada	Condições de Acesso Com ou sem injeção de excedente
$\leq 700 W$	Isenta de controlo prévio (desde que não esteja previsto injeção de excedente)
$> 700 W \leq 30 kW$	MCP Comunicação prévia
$> 30 kW \leq 1 MW$	UPAC Registo prévio e Certificado de Exploração
$\geq 1 MW$	UPAC c/ Licença Licença de Produção e Licença de Exploração

Também será necessário para a implementação de uma UPAC equipamentos de contagem. Será necessário o contador bidirecional, para efeitos de medição de consumo da instalação e de injeção na rede, onde os Operadores das Redes de Distribuição são responsáveis pela instalação deste. Para UPAC's com uma potência instalada superior a 4 kW é necessário outro contador, sendo este utilizado para efeitos de medição da injeção de eletricidade na UPAC. A Figura 2.9 apresenta o esquema de ligação de uma UPAC para ambas as situações [14].

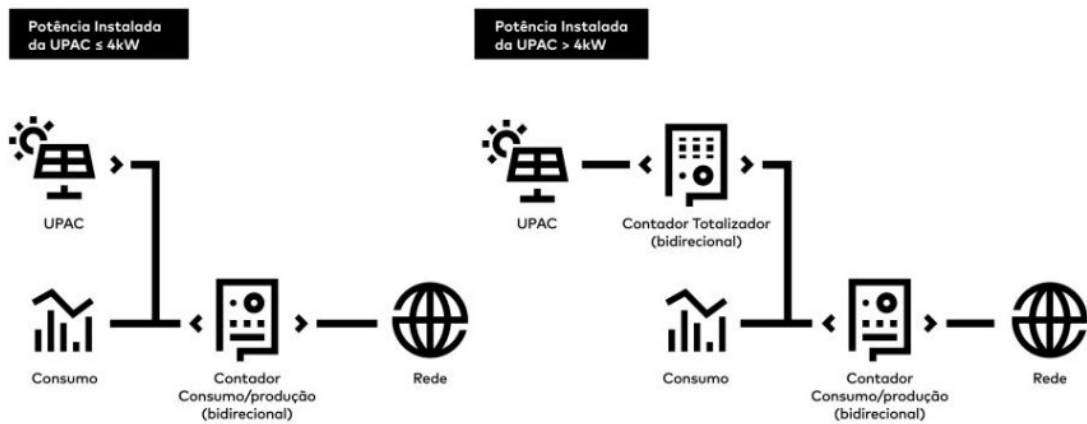


Figura 2.9 -Esquemas tipo de ligação de uma UPAC [14]

### 2.2.14 Autossuficiência

A autonomia energética é a capacidade de um país satisfazer as suas necessidades energéticas sem depender de terceiros. A autossuficiência proporciona uma segurança energética, mitigando a instabilidade da volatilidade dos preços da energia elétrica.

Este raciocínio é análogo para uma entidade empresarial, em que a sua dependência de terceiros é a rede elétrica de serviço pública [15].

## 2.3 Conceitos económicos

### 2.3.1 Função do valor atualizado

Investir em eficiência energética ou na produção descentralizada de energia resultará em benefícios financeiros contínuos ao longo dos anos. Para calcular o valor presente de um fluxo de caixa anual, para  $n$  anos no futuro, a uma taxa de atualização  $i$ , é útil introduzir um fator de conversão conhecido como *função de valor atualizado* (PVF), que é definida da seguinte forma:

$$PVF(n, i) = \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n} \quad (2.5)$$

Onde:

$i$ : taxa de atualização

$n$ : Tempo vida útil do investimento



### 2.3.2 Valor Atual Líquido

O VAL (Valor Atual Líquido) baseia-se na comparação entre o somatório dos “cash-flows” anuais de exploração (lucros líquidos de impostos + amortizações) atualizados gerados por um projeto e o respetivo investimento, indicando se um projeto é rentável ou não.

Afirma-se que o projeto é rentável quando  $VAL > 0$  [9].

Este é calculado com a seguinte formula abaixo:

$$VAL = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} - I_0 = PVF(n, i)CF_p - I_0 \quad (2.6)$$

Onde:

$CF_t$  : Cash – flow do ano  $t$

$n$ : Tempo de vida útil do projeto

$i$ : Taxa de atualização

$I_0$ : Investimento Inicial

### 2.3.3 Taxa Interna Rentabilidade

O TIR, matematicamente é o valor da taxa de atualização para quando o VAL é nulo.

Economicamente, este indicador transmite a taxa de atualização de juro máxima que o investimento contrair de modo a não apresentar resultados negativos, ou seja, no final de vida útil do projeto, se o TIR apresentar o mesmo valor que a taxa de atualização,  $i$ , o projeto não apresentará lucros nem despesas.

Quanto maior o TIR, menor será o risco do investidor.

Havendo dois investimentos em que o  $TIR_A > TIR_B$  e que o  $VAL_A < VAL_B$  a decisão é condicionada. A Figura 2.10 abaixo evidencia um exemplo.

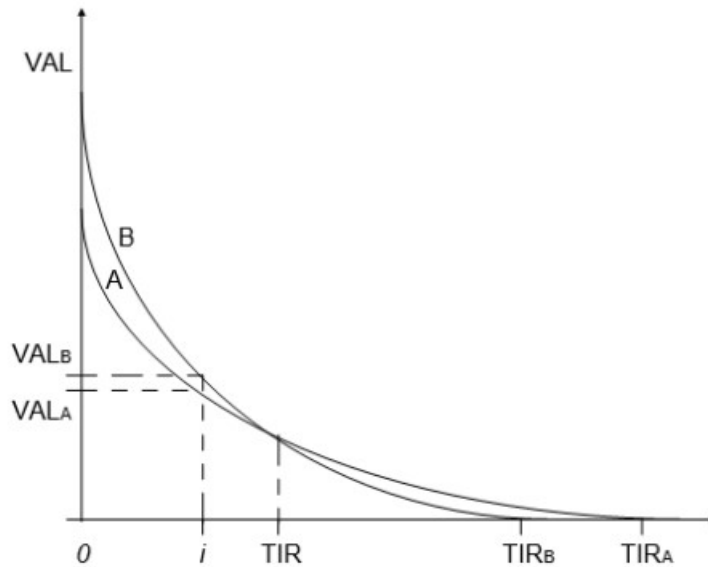


Figura 2.10 - Comparação entre os VAL e as TIR para o projeto A e B [9]

Evidenciando 2 investimentos, A e B, sendo que o A é caracterizado por um sistema fotovoltaico sem armazenamento e o B com armazenamento.

O investimento no sistema B poderá apresentar um maior interesse devido à sua maior capacidade de armazenamento, levando a um VAL maior, mas terá um risco superior ao investimento A, em que este apresenta um cash-flow menor (menor rentabilidade) mas com um TIR maior (risco inferior) em relação ao sistema com armazenamento.

De modo a comparar os investimentos será necessário recorrer ao método do cash-flow diferencial. Este define-se apresenta como objetivo o cálculo do TIR para quando o VAL de ambos os projetos é o mesmo (representado como TIR na Figura 2.10).

Posto isto, pode-se afirmar:

1. Se  $i < TIR$ , então o projeto B é mais rentável;
2. Se  $i = TIR$ , então ambos os projetos apresentam a mesma rentabilidade;
3. Se  $i > TIR$ , então o projeto A é mais rentável

### 2.3.4 Retorno do Investimento

O retorno do investimento (ROI), indica o índice de rentabilidade (benefício/custo). Este indicador é calculado através da razão entre os cash-flows atualizados e o valor do investimento de acordo com a equação (2.7).

$$ROI = \frac{\sum_{p=1}^n \frac{CF_p}{(1+i)^p}}{I_0} = \frac{PVF(n, i)CF_p}{I_0} \quad (2.7)$$

### 2.3.5 Período de Recuperação de Capital investido

O Período de Recuperação de Capital investido ou *payback*, indica o número de anos que serão necessários para que o investidor recupere o dinheiro investido. Quanto menor este indicador no investimento, menor será o risco do investidor. Este indicador pode ser calculado do seguinte modo:

$$PP = \frac{nI_0}{PVF(n, i)CF_p} = \frac{n}{ROI} \quad (2.8)$$



# Capítulo III

## Metodologia

***Resumo:***

É apresentado a localização do caso em estudo

Observa-se os *inputs* necessários à utilização do algoritmo, por exemplo consumo energético, tarifas energéticas, equipamentos utilizados. Abordar-se a metodologia adotada no estudo energético e as considerações adotadas. Efetua-se um estudo prévio de modo a suportar a metodologia utilizada e será evidenciado as equações necessárias para o estudo tecno-económico

### 3 Metodologia

#### 3.1 Caso em Estudo

O estudo em causa é efetuado para uma entidade empresarial particular.

Esta entidade é localizada na área metropolitana de Lisboa, mais concretamente no distrito de Setúbal. A nave fabril em estudo apresenta uma área coberta de aproximadamente 10 655 m<sup>2</sup>, onde cerca de metade é composta por claraboias. <sup>1</sup>

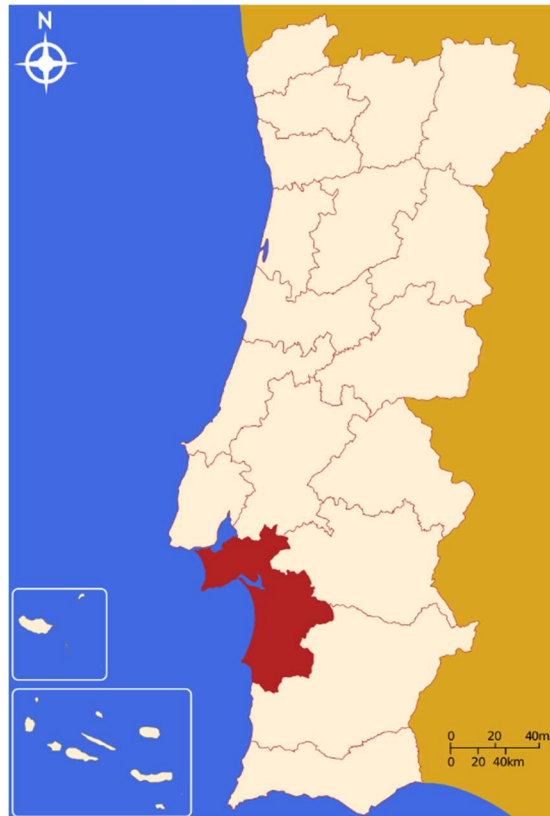


Figura 3.1 - Localização da unidade Fabril

---

<sup>1</sup> Os gráficos do diagrama de cargas e qualquer informação relevante sobre a entidade empresarial apresentam-se disponíveis mediante de pedido ao autor do trabalho. Os gráficos encontram-se localizados no apêndice I omissos.

## 3.2 Método gestão de energia

### 3.2.1 Abordagem contínua à dissertação de Teresa Jordão

No âmbito da dissertação em causa, foi utilizado um Software/Algoritmo desenvolvido anteriormente numa Dissertação para obtenção do grau mestre em engenharia eletrotécnica. [16]

O Algoritmo em questão, desenvolvido na ferramenta Microsoft Office Excel, necessita de vários inputs para a sua utilização. A Tabela 3.1 evidencia os tipos de inputs, os seus valores e a localização das informações.

Tabela 3.1 - Inputs necessários à utilização do Algoritmos de gestão de energia

Input	Valor input	Valores retirados a partir de:
<b>Radiação Solar</b>	Por hora	PVGIS
<b>Temperatura ambiente</b>	Por hora	PVGIS
<b>Característica dos inversores</b>	N/A	Ficha técnica correspondente
<b>Característica dos painéis fotovoltaicos</b>	N/A	Ficha técnica correspondente
<b>Característica das baterias</b>	N/A	Ficha técnica correspondente
<b>Consumo da Nave Fabril</b>	Por hora	Adquirido pela entidade empresarial
<b>Custo da tarifa energética</b>	Por hora	ERSE
<b>Preço dos painéis fotovoltaicos</b>	N/A	(2)
<b>Preço dos Inversores</b>	N/A	(2) (3)
<b>Preço das baterias</b>	N/A	(2)

(1) Não aplicável

(2) Utilizou-se o website <https://www.solarshop.pt/> para obtenção da ficha técnica e do preço do equipamento em causa; [17]

(3) Utilizou-se o website <https://onlineshop.gcsolar.co.za/product/growcol100kw-solar-storage-hybrid-inverter/> para obtenção da ficha técnica e do preço do equipamento em causa; [18]

As fichas técnicas de todos os equipamentos utilizados para o estudo encontram-se no Anexo III.

Em relação aos equipamentos utilizados, os painéis solares apresentam um preço médio de 0,364 €/Wp, os inversores de rede um custo unitário médio de 83,90€/kW, o inversor híbrido um custo de 739,45 €/kW e as baterias um custo de 663,84 €/kWh.

### 3.2.2 Novo parâmetro – área mínima necessária

Um dos desenvolvimentos futuros do autor da criação do algoritmo de gestão de energia, debruça-se na contabilização do cálculo da área mínima necessária para a implementação dos painéis fotovoltaicos, comparando com a área disponível. Deste modo, desenvolveu-se o cálculo da área mínima necessária, introduzindo este no algoritmo já criado previamente. De modo a não haver perdas na produção, é fulcral que não exista sombreamento nas *strings*, sendo necessário o cálculo da distância entre estas. Sabendo a distância entre strings, largura e comprimento dos painéis é possível calcular a área necessária para implementação da UPAC. [19] [20]



Figura 3.2 - Exemplo de uma montagem de painéis fotovoltaicos com distância mínima entre strings [19]

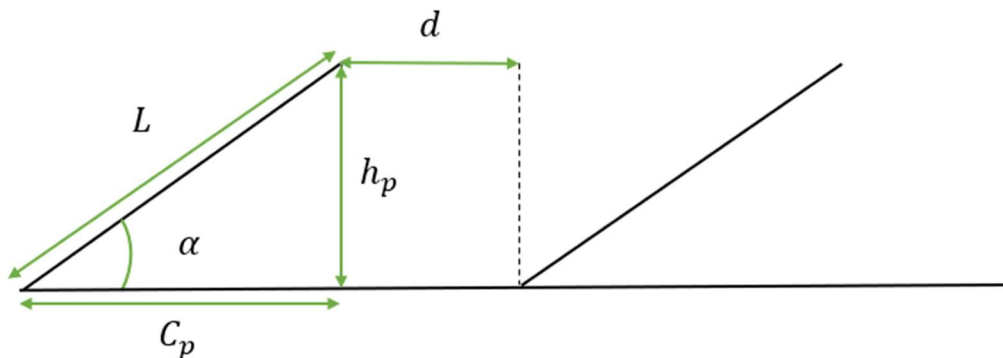


Figura 3.3 - Vista de perfil do exemplo da montagem de painéis fotovoltaicos com distância



A equação que indica a distância mínima entre fileiras é dada pela seguinte equação:

$$d_{min} = \left( \frac{h_p}{Tg H} \right) \times \cos A \quad (3.1)$$

$$h_p = L \times \sin \alpha \quad (3.2)$$

$$C_p = L \times \cos \alpha \quad (3.3)$$

Onde:

$d_{min}$ : Distância mínima entre fileiras, m

$h_p$ : altura do painel verticalmente projetada, m

$Tg H$ : tangente da altura do sol (ângulo) do mês mais desfavorável na latitude do local

$\cos A$ : Cosseno do azimute solar no pior mês (Dezembro) às 10h solares

$L$ : comprimento do painel, m

$C_p$ : comprimento do painel projetada, m

Para obtenção do azimute solar no pior mês e a altura do sol (ângulo) no mês mais desfavorável, é necessário extrair a informação proveniente do OAL (Observatório Astronómico de Lisboa), de onde se retirou os seguintes dados:

- Tangente da altura do sol (ângulo) : 29°
- Ângulo do azimute solar no pior mês : 60°

Os dados anteriormente utilizados são respetivos ao dia 07/12/2019. Considerou-se também que a latitude de setúbal será igual à latitude de Lisboa, de modo a ser possível obter informações para o cálculo da área. A Figura 3.4 demonstra o método utilizado para o critério do cálculo da área mínima.

Como será possível observar no ponto 3.1.5, com a variação da inclinação dos painéis, da potência a instalar e da dimensão do de painel fotovoltaico, a distância mínima entre fileiras irá alterar, levando assim a uma variação da área mínima necessária.

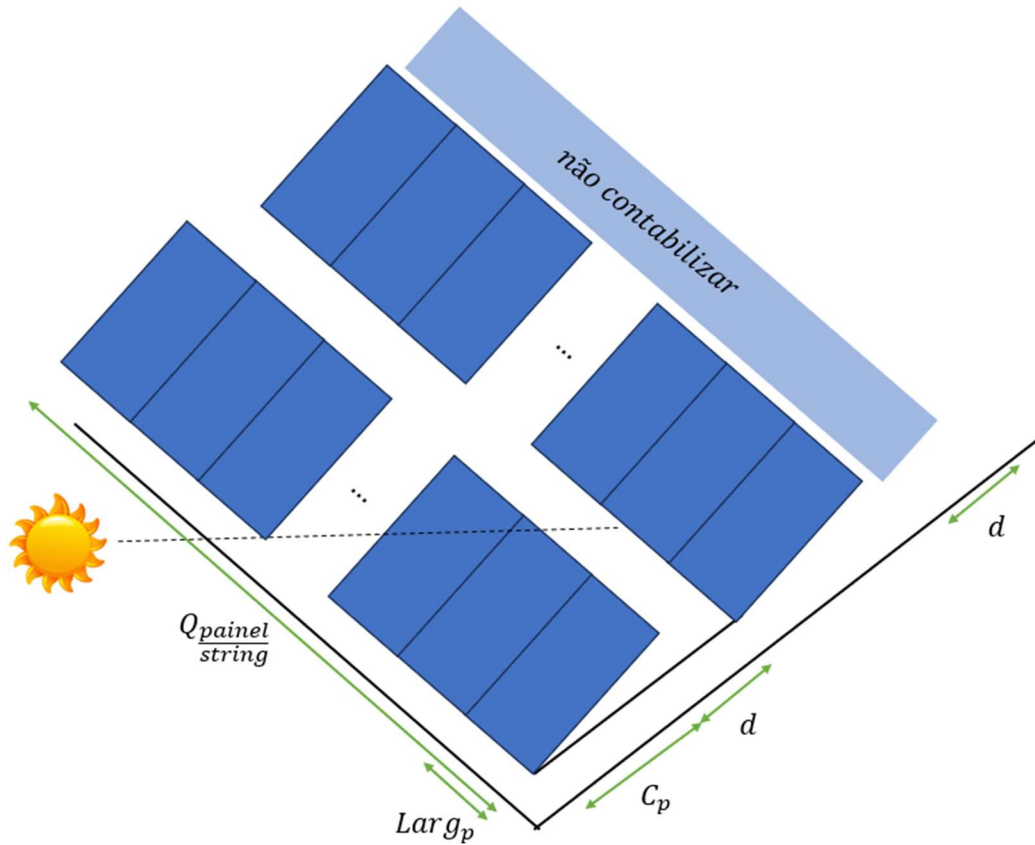


Figura 3.4 - Exemplo representativo de uma instalação fotovoltaica

De modo a calcular a área necessária foi necessário considerar que todos os inversores estão equilibrados, isto é, encontram-se todos com a mesma quantidade de painéis e a mesma quantidade de painéis por *string*.

De acordo com a equação (3.4), calculou-se a área mínima do seguinte modo:

$$A = (C_p + d) \times ST \times INV + Larg_p \times Q_{painel\ String} \times ST \times INV - d \times Larg_p \times Q_{painel\ String} \quad (3.4)$$

Onde:

$A$ : Área mínima a instalar,  $m^2$

$ST$ : N<sup>o</sup> de String por inversor, un

*INV*: Quantidade de inversores, un

$Q_{\text{painel}}^{\text{string}}$ : Quantidade de painéis por string, un

$Larg_p$ : Largura do painel fotovoltaico, m

### **3.2.3 Radiação Solar e temperatura do caso em estudo**

Como demonstrado na Tabela 3.1, é utilizado o *Photovoltaic Geographical Information System* para a obtenção da radiação solar e da temperatura ambiente.

A radiação solar é um dado essencial para o estudo em causa. É um fator que influencia diretamente a produção gerada prevista. Como já elucidado, quanto maior a temperatura ambiente, menor a produção gerada pela instalação fotovoltaica e quanto maior a radiação solar, maior a produção.

Para retirar os dados do PVGIS, é necessário o local e o ano em causa.

### **3.2.4 Tarifa Horária**

No que diz respeito às tarifas de acesso à rede elétrica, a instalação fabril segue um ciclo semanal de fornecimento, dividido em quatro tarifas, cada qual com suas horas correspondentes. Importa destacar ainda que o intervalo horário para cada tarifa é alterado conforme a estação presente.

Ciclo semanal para todos os fornecimentos em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
De segunda-feira a sexta-feira		De segunda-feira a sexta-feira	
Ponta:	09.30/12.00 h 18.30/21.00 h	Ponta:	09.15/12.15 h
Cheias:	07.00/09.30 h 12.00/18.30 h 21.00/24.00 h	Cheias:	07.00/09.15 h 12.15/24.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Sábado		Sábado	
Cheias:	09.30/13.00 h 18.30/22.00 h	Cheias:	09.00/14.00 h 20.00/22.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.30 h 13.00/18.30 h 22.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.00 h 14.00/20.00 h 22.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Domingo		Domingo	
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h

Figura 3.5 - Ciclo Semanal para os fornecimento em Portugal Continental [21]

No anexo II é possível observar um excerto da fatura energética da fábrica, de onde se recolhe as informações sobre o custo da tarifa energética. A Tabela 3.2 resume a o custo energético para cada período horário:

Tabela 3.2 - Resumo da tarifa energética da unidade fabril

Período horário	Descrição	Valor total [€/kWh]
<b>P1: Ponta</b>	Termo energia Variável	Sob consulta <sup>2</sup>
	Termo energia ATR <sup>(1)</sup>	
	Potência hora de ponta	
<b>P2: Cheia</b>	Termo energia Variável	Sob consulta <sup>2</sup>
	Termo energia ATR	
<b>P3: Vazio Normal</b>	Termo energia Variável	Sob consulta <sup>2</sup>
	Termo energia ATR	
<b>P4: Super vazio</b>	Termo energia Variável	Sob consulta <sup>2</sup>
	Termo energia ATR	

(1) ATR apresenta um significado de para Acesso de Terceiros à Rede

<sup>2</sup> A restante informação apresenta-se disponível mediante de pedido ao autor do trabalho

### 3.2.5 Casos estudados utilizando método Gestão de energia

De modo a observar o comportamento dos casos estudados, varia-se **quatro parâmetros**:

1. Potência a instalar;
2. Inclinação dos painéis;
3. Utilização de um caso com equipamentos mais eficiente e de um caso com menor investimento inicial.
4. Capacidade de armazenamento

Estes parâmetros serão clarificados seguidamente.

A escolha para o melhor caso será pelo método económico do Valor Atual Líquido.

De modo a determinar o melhor caso de estudo, utiliza-se o seguinte procedimento:

1. Determinação da Potência a instalar ótima sem armazenamento

Varia-se os parâmetros 1, 2 e 3. O parâmetro 4 não será utilizado neste ponto.

Em relação ao parâmetro 3, com o avanço tecnológico dos equipamentos, afirma-se que os inversores serão iguais para ambos os casos, variando apenas o painel fotovoltaico.

O painel que apresenta maior eficiência possui uma potência de 550 Wp (com uma eficiência de 21,29%) e o painel com menor custo inicial uma potência de 505 Wp (com uma eficiência de 21,27%).

Será determinado a quantidade equipamentos para cada solução.

2. Determinação da Potência a instalar ótima com armazenamento

Com a determinação da potência ótima, fixa-se os parâmetros 2 e 3.

Em relação aos equipamentos utilizados na determinação da potência ótima, é necessário a substituição do inversor de rede para um inversor híbrido, de modo a ser possível uso de baterias na determinação da potência ótima a instalar com armazenamento.

Será traçado três curvas para analisar o comportamento do VAL, onde coloca-se o parâmetro 4 (capacidade de armazenamento). Uma curva com a potência obtida anteriormente (parâmetro 1), uma curva com menos um inversor e outra curva com menos dois inversores em relação à potência a instalar obtida anteriormente. Em relação ao parâmetro 4, altera-se a capacidade de armazenamento de energia entre 0 kWh e 203,21 kWh. Utiliza-se baterias de lítio com capacidade de 29,03

kWh, uma eficiência de 95% e um DOD de 90%. Para cada incremento de armazenamento, optou-se por colocar baterias em paralelo.

### 3. Redução do custo dos equipamentos de armazenamento e verificação do comportamento do VAL

No que diz respeito à determinação da potência a ser instalada com armazenamento, é importante notar que haverá um custo inicial substancialmente mais elevado em comparação com um investimento que não inclui armazenamento. Isso ocorre devido à necessidade de incorporar baterias e da utilização de inversores híbridos. Como os inversores híbridos apresentam uma maior complexidade tecnológica em relação aos inversores de rede, esta complexidade é refletida num custo monetário mais elevado.

Com a determinação da melhor potência a instalar com armazenamento no ponto 2, reduziu-se o custo dos equipamentos de armazenamento por escalões e verificou-se o comportamento do VAL.

Relativamente à avaliação económica considerou-se para período de investimento de 25 anos e não de 20 ano, como definido no algoritmo inicialmente.

Com base nos preços dos painéis, inversores e baterias, inferiu-se que o custo médio da instalação é de 40% do custo total dos equipamentos em questão. Este acréscimo monetário ao investimento inicial é referente à inclusão dos seguintes itens:

- Cabos solares e cabos de baixa tensão;
- Mão de obra qualificada;
- Estruturas para fixação dos painéis solares;
- Contador totalizador bidirecional;
- Contador Consumo/produção bidirecional;
- Descarregadores de Sobretensão;

Através do consumo médio da nave fabril, verificou-se o comportamento do VAL para as seguintes potências instaladas:

Tabela 3.3 - Potência a instalar inferida para determinação da potência ótima a instalar sem armazenamento

Potência a instalar inferida para determinação da potência ótima a instalar sem armazenamento	
• 180 kW; (1)	• 550 kW; (3)
• 200 kW; (2)	• 600 kW; (2)
• 240 kW; (1)	• 660 kW; (3)
• 300 kW; (2)	• 700 kW; (2)
• 330 kW; (3)	• 770 kW; (3)
• 400 kW; (2)	• 800 kW; (2)
• 440 kW; (3)	• 880 kW. (3)
• 500 kW; (2)	-

- (1) Utilização de inversores com uma potência unitária de 60 kW;
- (2) Utilização de inversores com uma potência unitária de 100 kW;
- (3) Utilização de inversores com uma potência unitária de 110 kW;

Setúbal apresenta uma latitude de aproximadamente 39°, aferindo-se assim que a inclinação inicial dos painéis será de 39°.

Em relação à inclinação dos painéis solares, utilizar-se-á as seguintes inclinações:

Tabela 3.4 - Inclinações inferidas para determinação da potência ótima a instalar

Inclinações inferidas para determinação da potência ótima a instalar	
• Inclinação e azimute otimizado, 34° e 4° respetivamente	• Inclinação 29°
• Inclinação 39°	• Inclinação 24°
• Inclinação 34°	• Inclinação 0°

Como explicado no parâmetro dois, a capacidade de armazenamento variará entre 0 e 203,21 kWh, com os seguintes escalões:

Tabela 3.5 - Escalões de capacidade de armazenamento inferidos para determinação da capacidade de armazenamento ótima

Escalões de capacidade de armazenamento inferidos para determinação da capacidade de armazenamento ótima	
• 29,03 kWh	• 145,15 kWh
• 58,06 kWh	• 174,18 kWh
• 87,09 kWh	• 203,21 kWh
• 116,12 kWh	

Como descrito anteriormente, para o estudo do VAL em função da potência a instalar ótima sem armazenamento, a representação da Figura 3.6, da Figura 3.7 e da Figura 3.8 expressam o método utilizado nos parâmetros anteriormente referidos.

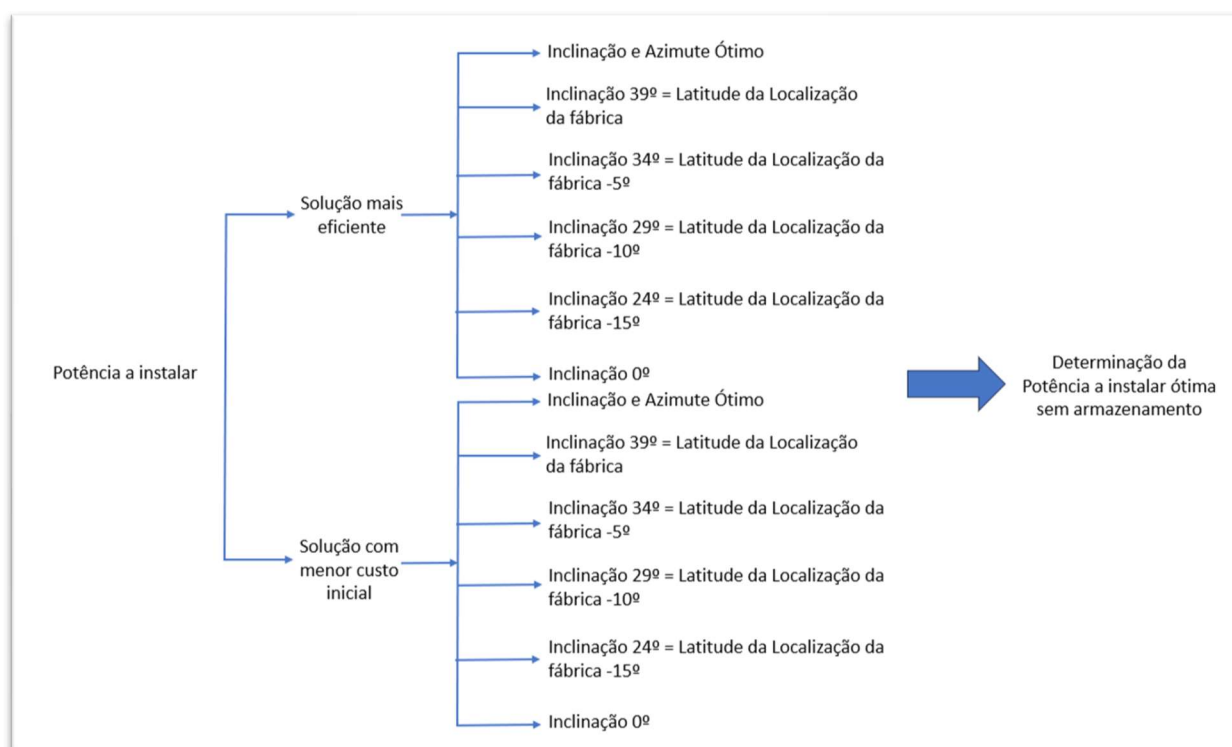


Figura 3.6 - Estruturação para determinação da potência ótima a instalar sem armazenamento

De acordo com o enunciado na Tabela 3.3, na Tabela 3.4 e na Figura 3.6, para o cálculo da potência instalada ótima, estudou-se 12 casos diferentes para cada valor de potência a instalar, resultando assim de um total de 180 casos estudados.



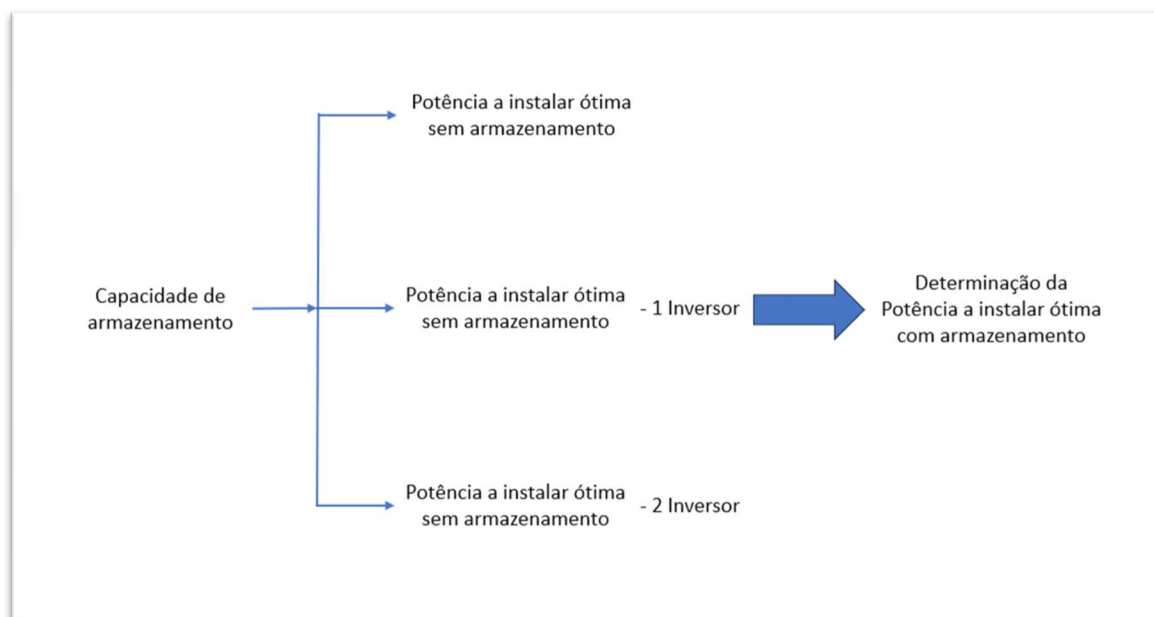


Figura 3.7 - Estruturação para determinação da potência ótima a instalar com armazenamento

De acordo com o enunciado na Tabela 3.5 e na Figura 3.7, estudou-se 7 casos diferentes de capacidade de armazenamento para cada potência a instalar de modo a observar o comportamento do VAL e na determinação da potência ótima a instalar com armazenamento. Efetuaram-se um total de 21 estudos.

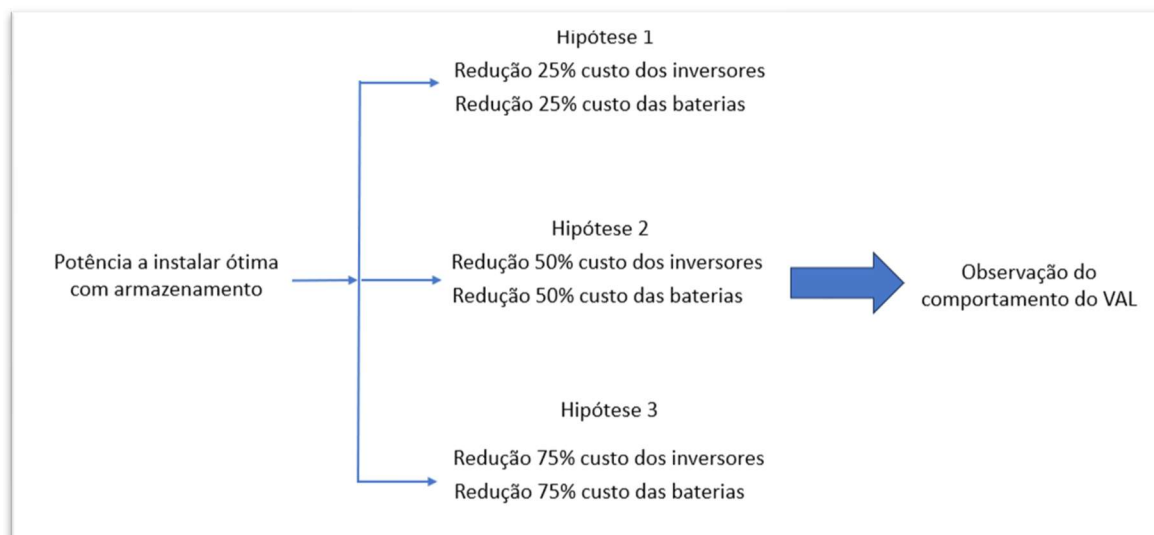


Figura 3.8 - Estruturação do comportamento do VAL na redução do custo dos equipamentos de armazenamento

De acordo com o transmitido na Figura 3.8, para a observação do comportamento do valor atual líquido, foram efetuados 3 cenários diferentes.

### 3.3 Algoritmo de otimização (solver)

No trabalho efetuado previamente, um dos desenvolvimentos futuros é a implementação no algoritmo uma ferramenta de otimização, com o intuito de otimizar a determinação da solução ótima, ou seja, um método otimizado que permitisse automaticamente identificar a solução ótima para a instalação em estudo. [16]

Para a ferramenta de otimização, foi utilizado o *software* Microsoft Office Excel e para desenvolvimento o “Suplemento – Solver”.

O Solver, trata-se de uma ferramenta que encontra o valor otimizado (máximo ou mínimo) de uma célula (objetivo), alterando células dependente destas, com a possibilidade de colocar restrições.

Em relação à construção da ferramenta de otimização, foi necessária uma reestruturação deste, isto é, criar condições de modo que o algoritmo esteja dependente de duas ou mais variáveis.

Em relação ao solver do *EXCEL*, existem três funções para a resolução de problemas de otimização:

- Programação linear com o *simplex (LP Simplex)*,
- Programação não linear com o método do gradiente reduzido generalizado (GRD não linear)
- Programação discreta (*evolutionary*).

Na resolução do problema em causa, será utilizado o GRD não linear. [22] [23]

Esta função obtém a solução ótima através do cálculo do gradiente. A forma como este cálculo é efetuado, consiste na observação do declive da função objetivo em relação aos valores de *input*. As derivadas são calculadas por meio de iterações, e quando uma delas é igual a zero, o método alcançará um ponto de máximo ou mínimo, como ilustrado na Figura 4.8. Uma desvantagem do método de GRD é a sua sensibilidade às condições iniciais, podendo levar a um máximo local e não à solução máxima global do problema.

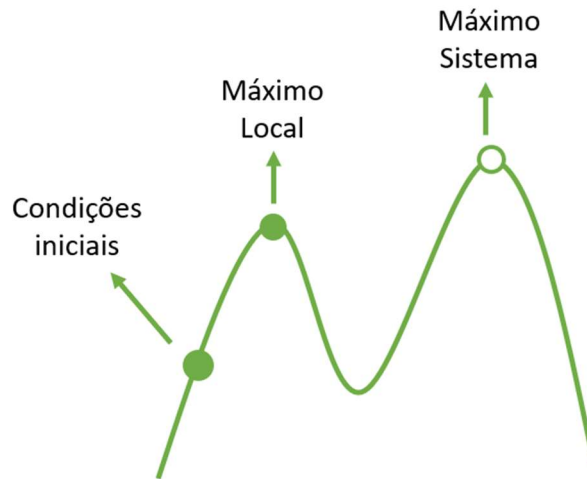


Figura 3.9 - Exemplo representativo do funcionamento do GRD não linear

Visualiza-se um exemplo do método GRN não linear. Exemplificando-se uma função tipo, onde a função objetivo é a maximização do problema, aplicando as condições iniciais como observado na figura, a função dará o máximo local, mas não o máximo do sistema.

No caso em estudo, a variável objetivo é a maximização do VAL em função da potência a instalar. Deste modo, é necessário equacionar o problema em função da potência a instalar.

Em relação às características dos equipamentos, irá sofrer alterações:

Módulos fotovoltaicos		Inversor		Armazenamento?		Parque		Inclinação dos Módulos	
Eficiência	0,213	Eficiência	0,984	Sim		Pinst =	404,80 kWp	Inc 29°	
Coef temp potência	-0,35	Potência [kW]	100						
NOCT	45			Bateria					
KT	-			Capacidade [kWh]	30,10				
Pmp(stc) [W]	550			Usable energy	29,03				
Nº de Módulos		736		Qo =	1,07 kWh				
				Qmax =	30,10 kWh				
				%desc =	- %				
				Qmin =	1,07 kWh				

Figura 3.10 - Resumo das características fundamentais dos equipamentos da instalação [16]

Em relação à Figura 3.10, é possível observar as principais características dos equipamentos para os cálculos demonstrados de seguida.

Em relação ao número de módulos, como dito anteriormente, no método gestão de energia o valor dos painéis é calculado previamente e conseqüentemente a potência a instalar do parque. Sobre a eficiência, coeficiente de temperatura e o NOCT é necessário através do fabricante. O mesmo se aplica para a potência e eficiência do inversor e para as baterias

No método otimizado, o número de painéis são calculados em função da potência a instalar.

A seguinte expressão demonstra o cálculo da potência a instalar no parque pelo algoritmo de gestão de energia:

$$P_{\text{Parque}} [kWp] = \frac{Q_{\text{painel}}}{1000} \times P_{\text{painel}} \quad (3.5)$$

Para o método de otimização será calculado do seguinte modo:

$$Q_{\text{painel}} = \frac{1000}{P_{\text{painel}}} \times P_{\text{Parque}} \quad (3.6)$$

Onde:

$Q_{\text{painel}}$ : nº de módulos, un

$P_{\text{painel}}$ : Potência do painel, Wp

$P_{\text{parque}}$ : Potência do parque, kWp

Caso não exista armazenamento, os valores na tabela da “bateria” será 0 e, caso exista armazenamento os cálculos auxiliares serão mantidos previamente como se encontram efetuados previamente. No caso da utilização da bateria no Solver, modificar-se-á unicamente o seu *input*, sendo este a célula da capacidade.

Quer para o algoritmo de gestão de energia, quer para o método otimizado, uma parte dos cálculos são constante, tal como demonstrado na Figura 3.11:

Data Hora	Radiação global	Temperatura do ar	Radiação média total	$P_{MP}(STC)$	Temperatura módulo	$P_{MP}(T_{mod})$	Período Horário		Hora
	[W/m <sup>2</sup> ]	[°C]	[kW/m <sup>2</sup> ]	[W]	[°C]	[W]	Designação	[€/kWh]	
01/01 01:00	0	9,67	0,00	0,00	-	-	Vazio Normal	Sob consulta <sup>3</sup>	1
01/01 02:00	0	9,28	0,00	0,00	-	-	Vazio Normal		2
01/01 03:00	0	8,95	0,00	0,00	-	-	Super Vazio		3
01/01 04:00	0	8,78	0,00	0,00	-	-	Super Vazio		4
01/01 05:00	0	8,63	0,00	0,00	-	-	Super Vazio		5
01/01 06:00	0	8,52	0,00	0,00	-	-	Super Vazio		6
01/01 07:00	0	8,41	0,00	0,00	-	-	Vazio Normal		7
01/01 08:00	0	8,3	0,00	0,00	-	-	Cheia		8
01/01 09:00	0	7,76	0,00	0,00	-	-	Cheia		9
01/01 10:00	381,79	8,25	0,38	209,98	20,18	213,53	Ponta		10
01/01 11:00	623,25	10,09	0,62	342,79	29,57	337,31	Ponta		11
01/01 12:00	778,87	11,57	0,78	428,38	35,91	412,02	Ponta		12
01/01 13:00	838,74	12,94	0,84	461,31	39,15	438,46	Cheia		13
01/01 14:00	837,17	14,06	0,84	460,44	40,22	435,91	Cheia		14
01/01 15:00	766,56	14,86	0,77	421,61	38,82	401,22	Cheia		15
01/01 16:00	592,05	15,31	0,59	325,63	33,81	315,58	Cheia		16
01/01 17:00	371,93	15,36	0,37	204,56	26,98	203,14	Cheia		17
01/01 18:00	0	14,83	0,00	0,00	-	-	Cheia		18
01/01 19:00	0	13,72	0,00	0,00	-	-	Ponta		19
01/01 20:00	0	12,49	0,00	0,00	-	-	Ponta		20
01/01 21:00	0	11,7	0,00	0,00	-	-	Ponta		21
01/01 22:00	0	11,05	0,00	0,00	-	-	Cheia		22
01/01 23:00	0	10,49	0,00	0,00	-	-	Cheia		23
02/01 00:00	0	10,1	0,00	0,00	-	-	Cheia		0

Figura 3.11 - Amostragem Parcial do Algoritmo, células não modificadas para utilização do Solver [16]

<sup>3</sup> A restante informação apresenta-se disponível mediante de pedido ao autor do trabalho

Na Figura 3.11 é mostrado parcialmente o algoritmo, onde é possível observar os seguintes dados:

- Data e hora
- Radiação [ $W/m^2$ ] e temperatura do ar [ $^{\circ}C$ ], obtida através do PVGIS para cada inclinação escolhida
- Radiação média total [ $kW/m^2$ ]
- Potência do módulo para condições STC [ $W$ ], obtida através da expressão (3.7)
- Temperatura do módulo [ $^{\circ}C$ ], obtida através da expressão (3.8)
- Potência real do módulo [ $W$ ], obtida através da expressão (3.9)
- Período horário e o seu respectivo custo [ $€/kWh$ ]

Em relação à equação da potência do painel, considerou-se todas as referências de laboratório, variando apenas a radiação que neste atua.

$$P_{MP}(S) = P_{painel} \times S(h) \quad (3.7)$$

Onde:

$P_{painel}$ : Potência do painel em condições STC,  $W_p$

$P_{MP}(S)$ : Potência do painel em função da radiação com certos parâmetros STC,  $W_p$

$$T_{mod}(h) = T_{amb}(h) + \frac{NOCT - 20}{0,8} \times S(h) \quad (3.8)$$

Onde:

$T_{mod}$ : Temperatura do módulo,  $^{\circ}C$

$T_{amb}$ : Temperatura ambiente,  $^{\circ}C$

$NOCT$ : Fornecido pelo fabricante do painel,  $^{\circ}C$

$S$ : Irradiação,  $kW/m^2$

$$P_{MP}(T_{mod}) = P_{MP}(S)[1 + \gamma(T_{mod}(h) - 25)] \quad (3.9)$$

Onde:

$P_{MP}(T_{mod})$ : Potência de saída do módulo real,  $W$

$\gamma$ : coeficiente da variação da potência em função da variação da temperatura,  $\%/^{\circ}C$

Consumo [kWh]	Produção total DC [kWh]	Produção total AC [kWh]	Défice energia [kWh]	Excedente de energia [kWh]	Energia Comprada [kWh]	Estado Bateria [kWh]	Descarga da Bateria [kWh]	Carga da Bateria [kWh]	Desperdício [kWh]
Sob consulta <sup>4</sup>	0,00	0,00	Sob consulta <sup>4</sup>	Sob consulta <sup>4</sup>	Sob consulta <sup>4</sup>	1,07	0,00	0,00	Sob consulta <sup>4</sup>
	0,00	0,00				1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00				1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00				1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00				1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00				1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00				1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00				1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00				1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00				1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00				1,07	0,00	0,00	
	157,16	154,01				30,10	0,00	29,03	
	248,26	243,29				30,10	0,00	0,00	
	303,25	297,18				30,10	0,00	0,00	
	322,71	316,25				30,10	0,00	0,00	
	320,83	314,42				30,10	0,00	0,00	
	295,30	289,39				30,10	0,00	0,00	
	232,27	227,63				30,10	0,00	0,00	
	149,51	146,52				30,10	0,00	0,00	
	0,00	0,00				1,07	29,03	0,00	
	0,00	0,00				1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00				1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00				1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00				1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00				1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00				1,07	0,00	0,00	

Figura 3.12 - Balanço de energia do algoritmo

A Figura 3.12 representa o balanço de energia para cada hora.

Em relação ao balanço de energia, é necessário reequacionar algumas fórmulas, como por exemplo a “Produção total DC” e “Produção total AC”.

Para o algoritmo de gestão de energia os foi calculado da seguinte forma:

$$P_{DC}(h) = Q_{painel} \times P_{MP}(T_{mod}) \quad (3.10)$$

$$P_{AC}(h) = P_{DC}(h) \times \eta_{inv} \quad (3.11)$$

Para o método otimizado, calculou-se de acordo com a equação abaixo:

$$P_{AC}(h) = P_{DC}(h) \times \eta_{inv} \quad (3.12)$$

$$P_{DC}(h) = \frac{P_{Parque} \times P_{MP}(S)}{P_{painel}}$$

Onde:

$P_{DC}$ : Produção total dos painéis fotovoltaicos, kWh

$P_{AC}$ : Produção total dos inversores, kWh

$Q_{painel}$ : Quantidade de painéis fotovoltaicos, un

As restantes parcelas serão mantidas de acordo como se encontram desenvolvidas previamente. [16]

Para a parte económica, a função objetivo a maximizar é obtida através da seguinte expressão no algoritmo de gestão de energia:

<sup>4</sup> A restante informação apresenta-se disponível mediante de pedido ao autor do trabalho

$$VAL = PVF(n, i) \times CF_p(h) - I_0 \quad (3.13)$$

$$PVF(n, i) = \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n} \quad (3.14)$$

$$I_0(Q_{paineis}) = (C_{paineis} \times Q_{paineis} + C_{inv} \times Q_{inv} + C_{bat} \times Q_{bat}) \times 1,4 \quad (3.15)$$

$$CF_p(h) = Prod_{ac}(Q_{paineis}) - Desperdicio(Q_{paineis}) \quad (3.16)$$

$$Desperdicio(Q_{paineis}) = \begin{cases} P_{AC}(h) - Consumo(h), & \text{se } P_{AC}(h) - Consumo(h) > 0 \\ 0, & \text{se } P_{AC}(h) - Consumo(h) < 0 \end{cases} \quad (3.17)$$

Onde:

$PVF(n, i)$ : função do valor atualizado para  $n = 25$  anos e  $i = 8\%$

$CF_p$ : Cash – flow para o ano  $p$  em função da quantidade de paineis

$I_0$ : Investimento inicial em função da quantidade de paineis

$C_{paineis}$ : Custo unitário do Painel fotovoltaico, €

$Q_{paineis}$ : Quantidade de Paineis fotovoltaicos, un

$C_{inv}$ : Custo unitário do inversor, €

$Q_{inv}$ : Quantidade de inversores, un

$C_{bat}$ : Custo unitário das baterias, €

$Q_{bat}$ : Quantidade de baterias, un

$Desperdicio$ : Desperdicio em função da quantidade de paineis, €

Sintetizando, o problema calcula o valor atual líquido de acordo.

Para o algoritmo de otimização, como referido anteriormente, reequacionou-se o problema do seguinte modo:

$$\max VAL(\mathbf{P}_{inst}) = PVF(n, i) \times CF_p(h) - I_0(\mathbf{P}_{inst}) \quad (3.18)$$

$$I_0(\mathbf{P}_{inst}) = (C_{Méd_{paineis}} \times Q_{paineis} + C_{Méd_{inv}} \times \mathbf{P}_{inst} + C_{bat} \times Q_{bat}) \times 1,4 \quad (3.19)$$

$$PVF(n, i) = \frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n} \quad (3.20)$$

$$Q_{paineis} = \mathbf{P}_{inst} \times \frac{1000}{P_{paineis}(STC)} \quad (3.21)$$

$$CF_p(h) = Prod_{AC}(\mathbf{P}_{inst}) - Desperdicio(\mathbf{P}_{inst}) \quad (3.22)$$

Onde:

$C_{Méd_{inv}}$ : custo médio dos inversores a utilizar, €/kW

$C_{Méd_{paineis}}$ : custo médio dos paineis a utilizar, €/kW

No caso em estudo, a solução de otimização será definida do seguinte modo:

1. Determinação da Potência a instalar ótima sem armazenamento

O cálculo otimizado será efetuado posteriormente ao cálculo do algoritmo de energia. Será utilizado a inclinação (parâmetro 2) e os painéis para a qual foi obtido o melhor resultado pelo algoritmo de energia. Sobre os inversores, o solver dará um valor otimizado. Realiza-se diferentes condições iniciais de modo a verificar o comportamento do Solver. Compara-se ambos os métodos se evidenciando as suas diferenças.

2. Determinação da potência a instalar ótima com armazenamento

Utiliza-se o procedimento anterior, isto é, calcula-se previamente os resultados com o algoritmo de gestão de energia. Posteriormente será utilizado a ferramenta de otimização de modo a comparar o comportamento de ambos os métodos.



# Capítulo IV

## Resultados Obtidos

***Resumo:***

Apresentação dos resultados obtidos. Efetua-se uma análise detalhada dos diversos cenários em função da sua viabilidade técnico-económica.



## 4 Resultados obtidos

### 4.1 Solução ótima sem armazenamento

Primeiramente aborda-se os casos com um menor investimento inicial, como demonstra o Gráfico 4.1.

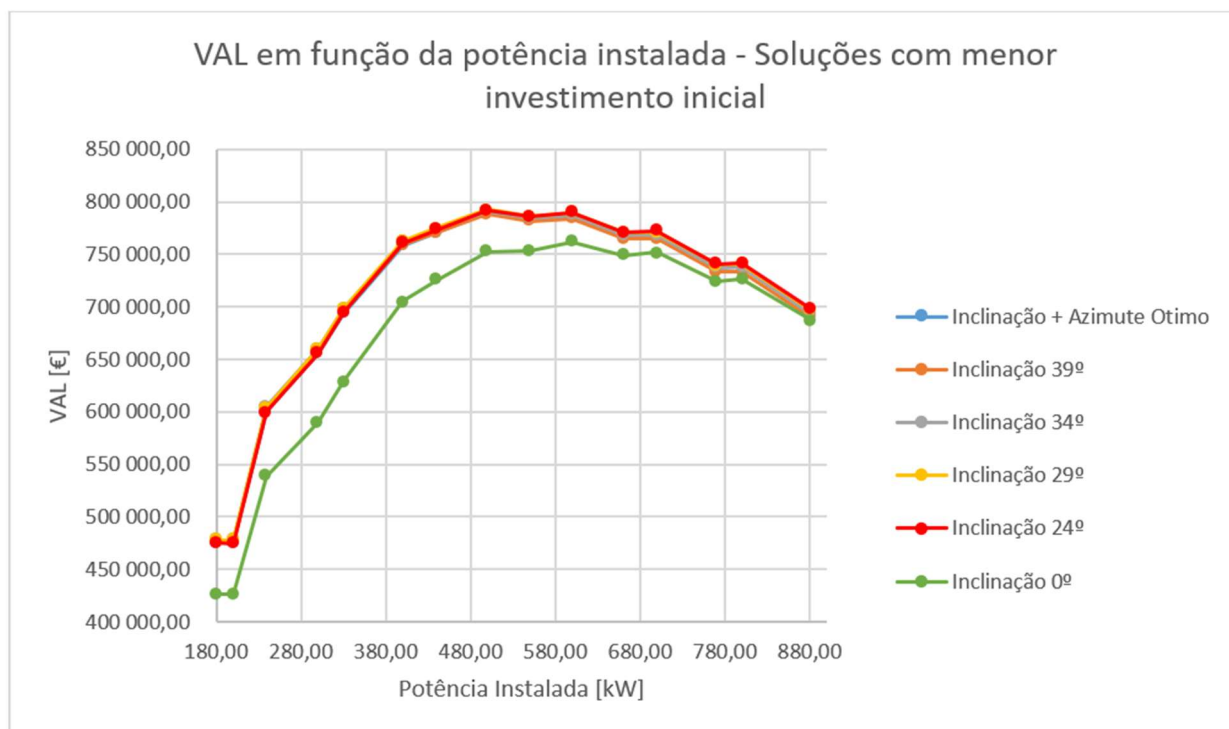


Gráfico 4.1 - VAL em função da potência instalada - Soluções com menor investimento inicial

O Gráfico 4.1 descreve a variação do VAL em função da potência instalada.

Em relação a todas as curvas estudadas, com exceção da curva de inclinação 0°, existe um acréscimo de VAL para cada incremento de potência instalada a partir dos 200 kW, atingido o seu máximo em 500 kW (com um VAL próximo dos 800 000€). Por sua vez, no intervalo dos 600 kW aos 880 kW o VAL das curvas em causa diminui.

Em relação à curva de inclinação de 0°, esta apresenta um VAL inferior às restantes curvas, atingindo o seu máximo em redor dos 600 kW (com um VAL próximo dos 750 000€). No intervalo dos 600 kW aos 880 kW, é possível graficamente verificar que para cada incremento de potência instalada, o valor atual líquido diminui com menor acentuação em relação às outras curvas em estudo, tornando-se assim cada vez mais próximos das restantes.

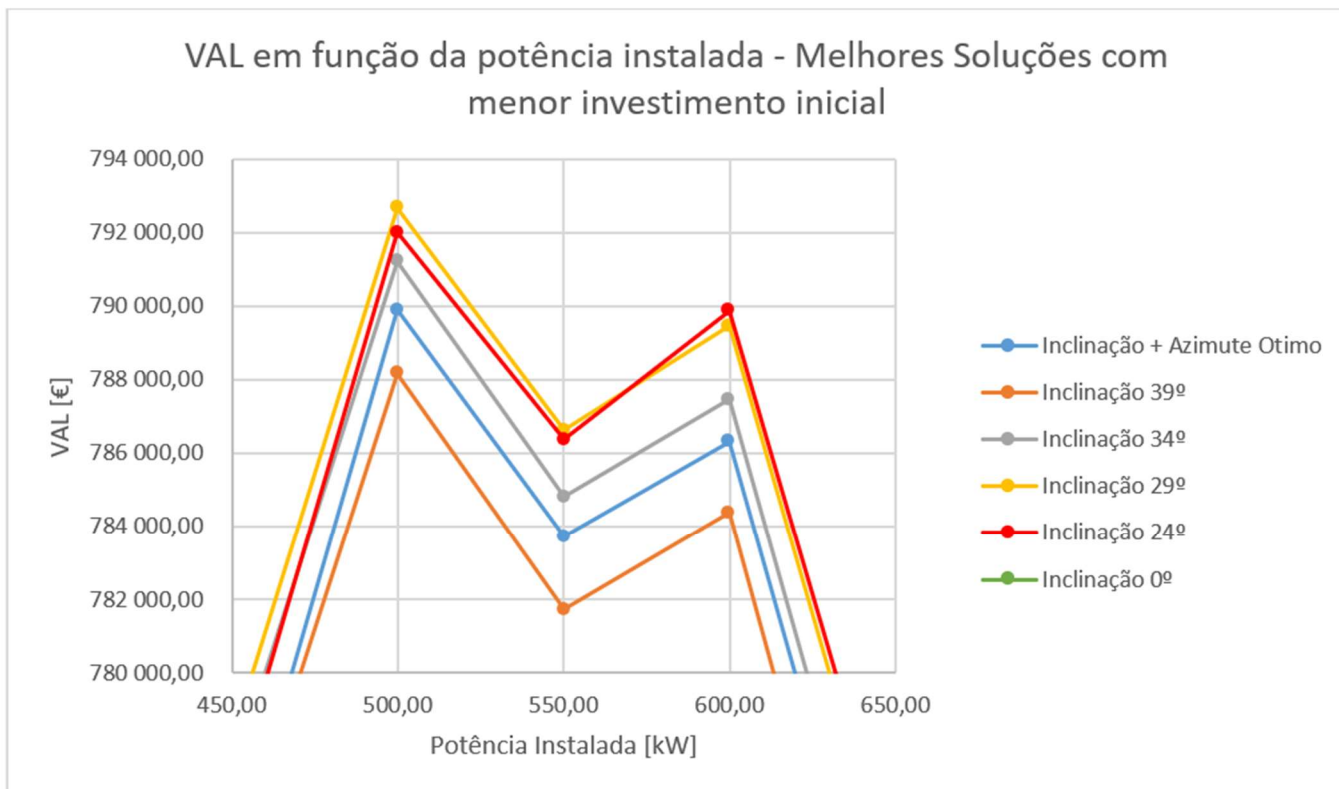


Gráfico 4.2 - VAL em função da potência instalada - Melhores Soluções com menor investimento inicial

O Gráfico 4.2 descreve a variação do VAL em função da potência instalada apenas no intervalo de maior VAL.

É possível observar que a Solução com maior VAL é a curva com uma inclinação de 29°, apresentando um valor atual líquido de 792 682,04€ para uma potência instalada de 500 kW.

De seguida, é apresentado as soluções com maior eficiência.

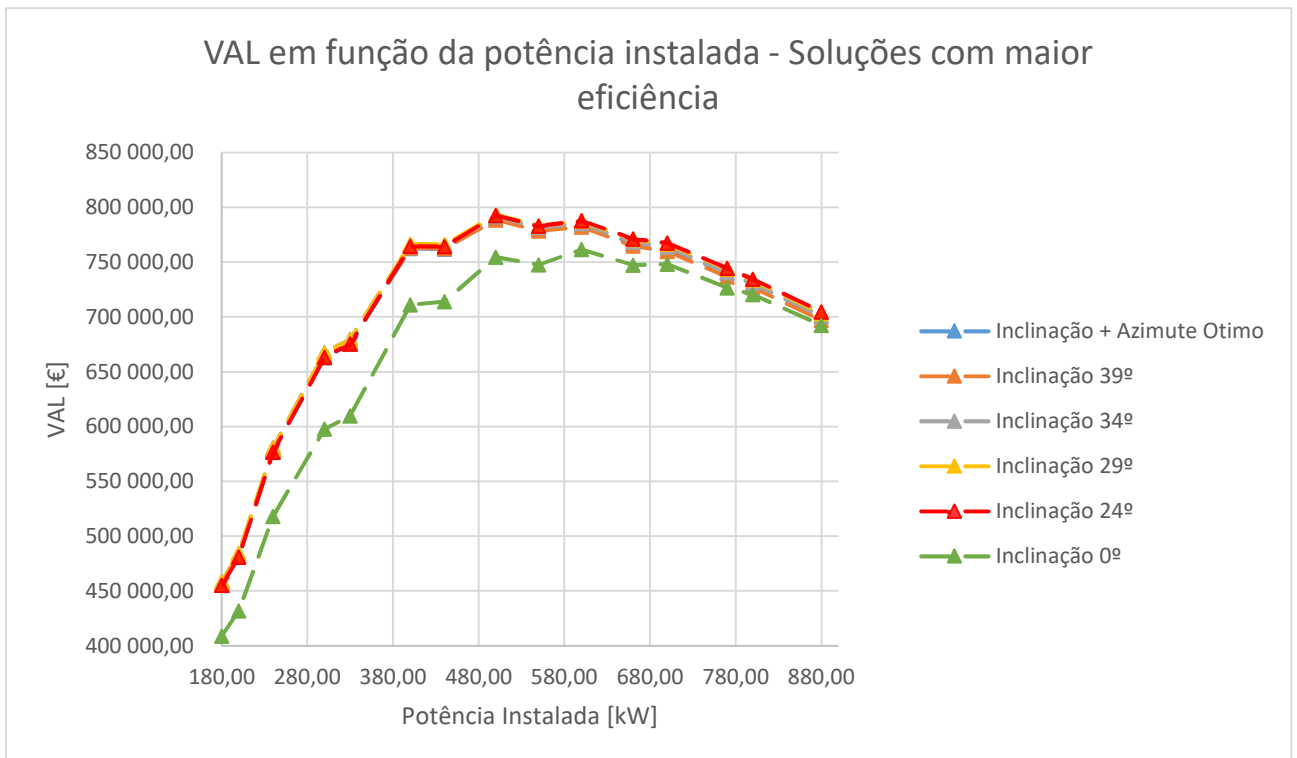


Gráfico 4.3 - VAL em função da potência instalada - Soluções com maior eficiência

O Gráfico 4.3 descreve a variação do VAL em função da potência instalada.

Em relação às curvas em causa, os seus comportamentos são análogos à explicação referida para o Gráfico 4.1.

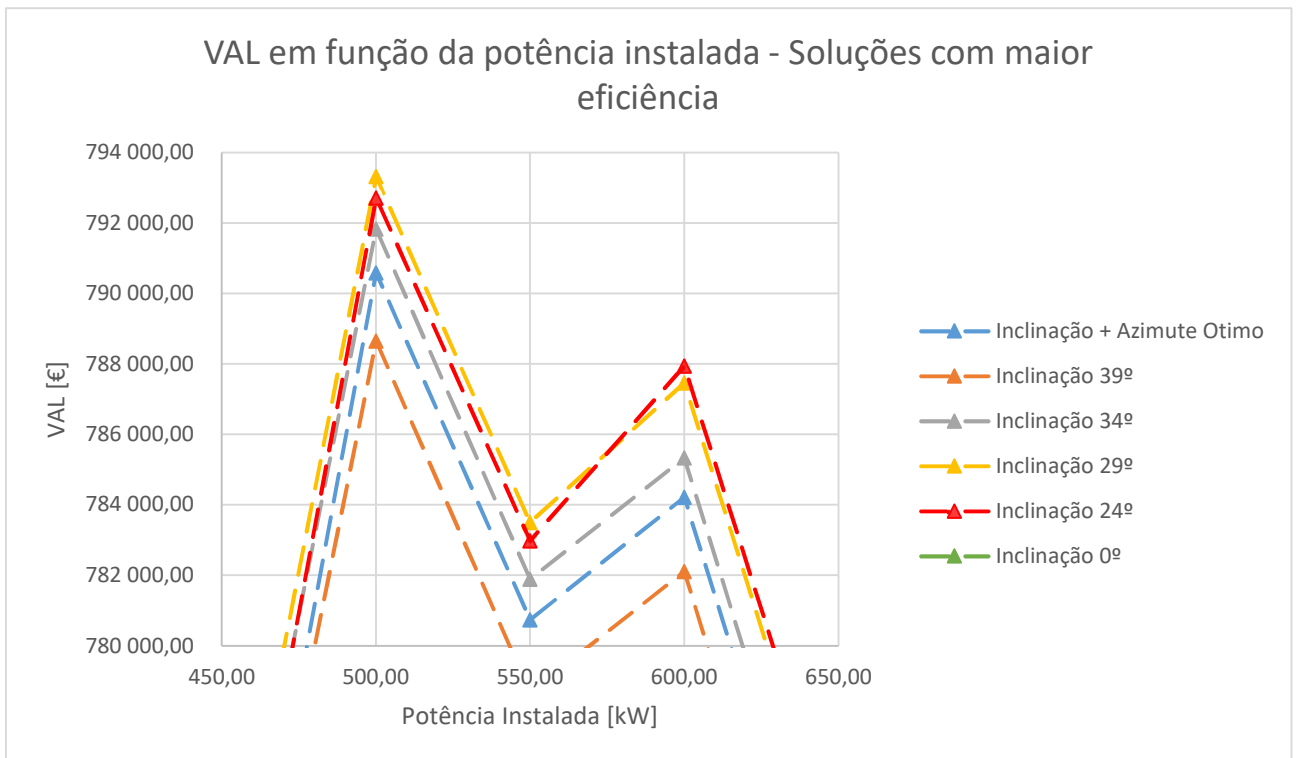


Gráfico 4.4 - VAL em função da potência instalada - Melhores Soluções com maior eficiência

O Gráfico 4.4 descreve a variação do VAL em função da potência instalada apenas na zona de maior VAL, situado nos valores de 450 kW a 650 kW.

Visualiza-se que a curva que apresenta o maior VAL é a curva com uma inclinação de 29°, apresentando um valor atual líquido de 793 323,31€ para uma potência instalada de 500 kW.

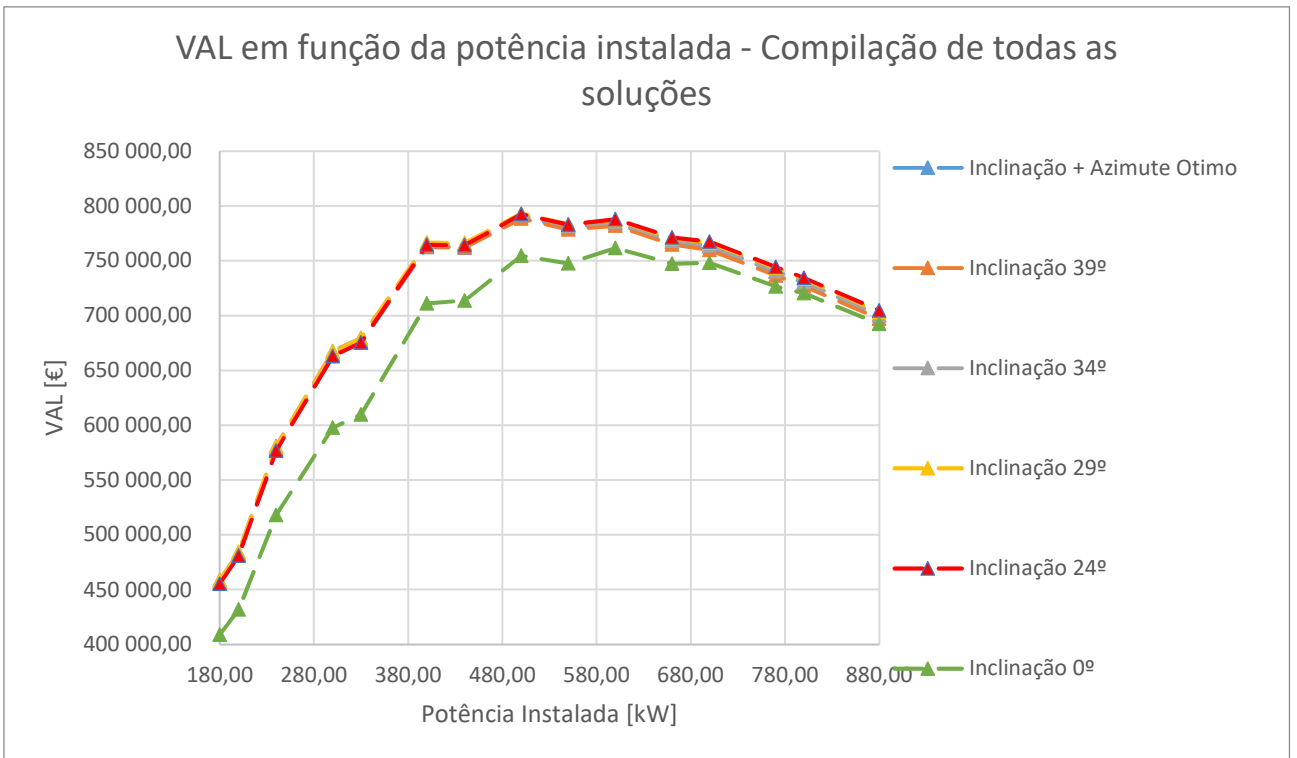


Gráfico 4.5 - VAL em função da potência instalada - Compilação de todas as soluções

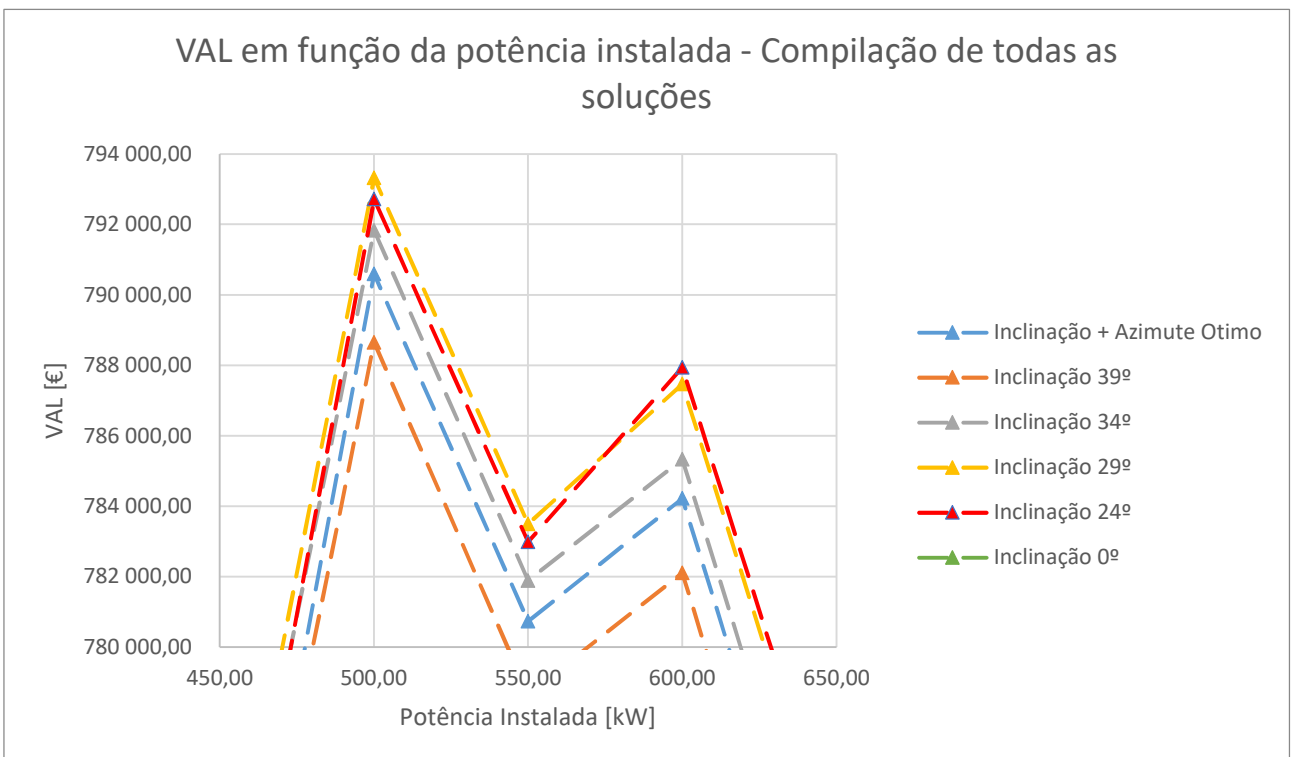


Gráfico 4.6 VAL em função da potência instalada - Compilação de todas as melhores soluções

Sobre as curvas acima, as que se encontram a tracejado representam as soluções mais eficientes e as curvas com preenchimento os resultados obtidos para as curvas com menor investimento inicial.

É possível visualizar de acordo com Gráfico 5.5 que para os casos com menor investimento inicial e para os casos com maior eficiência, para cada incremento de potência instalada, o valor do VAL é muito semelhante.

Afirma-se pelo Gráfico 4.6 que, tanto para o caso de menor investimento inicial quanto para o de maior eficiência, a curva que apresenta o maior VAL é a curva para uma inclinação de 29°. A Tabela 4.1 detalha as discrepâncias do melhores caso para ambos os cenários.

Tabela 4.1 - Resumo das melhores soluções sem armazenamento

<b>Melhores soluções para ambos os casos</b>		
	<b>Caso com menor custo inicial</b>	<b>Caso com maior eficiência</b>
<b>Nº da solução</b>	143	53
<b>Inclinação dos painéis</b>	29°	29°
<b>Quantidade Painéis [un]</b>	1015 de 505 Wp	960 de 550 Wp
<b>Quantidade inversores [un]</b>	5 de 100 kW	5 de 100 kW
<b>Preço unitário Painéis [€]</b>	183,59	200,17
<b>Preço unitário Inversores [€]</b>	7620,61	7620,61
<b>Preço total dos equipamentos [€]</b>	224 444,9	230 266,25
<b>Preço custo da instalação [€]</b>	89 778,76	92 106,50
<b>Custo investimento inicial [€]</b>	314 255,66	322 372,75
<b>Cash-Flow [€]</b>	103 693,76	104 517,04
<b>VAL [€]</b>	792 682,04	793 323,31
<b>ROI</b>	3,52	3,46
<b>TIR [%]</b>	33,33	32,31
<b>Pay-back [anos]</b>	7,10	7,23
<b>Área necessária [m<sup>2</sup>]</b>	1 217	1 176
<b>Área disponível [m<sup>2</sup>]</b>	5 328	

A melhor solução é aquela que possui uma inclinação de 29°, uma potência de 500 kW a ser instalada e um Valor Atual Líquido (VAL) de 793 323,31€, sendo este o caso com



maior eficiência. Para a melhor solução é utilizado o inversor da SMA e o painel da Phono Solar.

Em relação à possibilidade de implementação, a área disponível será aproximadamente de 5 328 m<sup>2</sup> e é necessário um total de 1 176 m<sup>2</sup>. Deste modo, seria possível a instalação da potência ótima sem armazenamento no telhado da fábrica.

## 4.2 Solução ótima com armazenamento

Verificar-se-á o desempenho do VAL em função da potência a instalar e da respetiva capacidade de armazenamento.

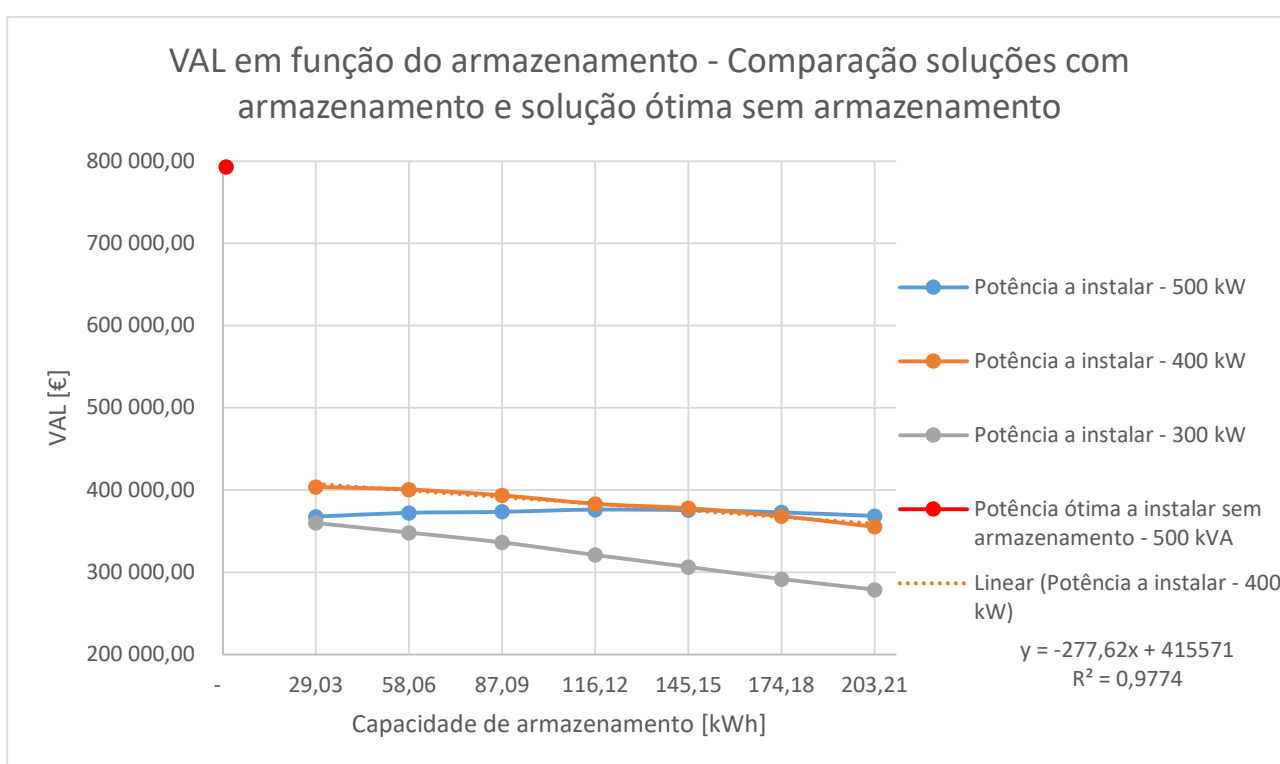


Gráfico 4.7 - VAL em função do armazenamento - Comparação soluções com armazenamento e solução ótima sem armazenamento

No Gráfico 4.7, é possível observar o comportamento do valor atual líquido em função da capacidade de armazenamento.

É possível observar que para uma potência a instalar de 500 kW, existe um maior VAL para uma capacidade de armazenamento de 116,12 kWh.

Em relação às curvas de 400 e 300 kW o valor para o maior VAL é obtido para uma capacidade de 29,03 kWh.

Observa-se também que das três curvas, a que apresenta um maior retorno económico é a curva de 400 kW com a sua capacidade a 29,03 kWh. Não obstante, com a colocação

da capacidade de armazenamento, o VAL diminui drasticamente comparando com o VAL da potência ótima a instalar sem armazenamento, o VAL é de aproximadamente 50% menor para a melhor solução.

A linha de tendência que se encontra no Gráfico 4.7 da curva 400 kW será utilizada no ponto 4.5.

Em relação à solução ótima com armazenamento, a Tabela 4.2 resume as características principais da solução:

Tabela 4.2 - Resumo da melhor solução com armazenamento

<b>Solução ótima com capacidade de armazenamento</b>	
<b>Nº da solução</b>	8
<b>Inclinação dos painéis</b>	29°
<b>Quantidade Painéis [un]</b>	736 de 505 Wp
<b>Quantidade inversores [un]</b>	4 de 100 kW
<b>Preço unitário Painéis [€]</b>	200,17
<b>Preço unitário Inversores [€]</b>	73 883,07
<b>Preço unitário das baterias [€]</b>	19 271,34
<b>Preço total dos equipamentos [€]</b>	462 128,7
<b>Preço custo da instalação [€]</b>	177 142,96
<b>Custo investimento inicial [€]</b>	639 271,70
<b>Cash-Flow [€]</b>	97 723,02
<b>VAL [€]</b>	403 899,63
<b>ROI</b>	1,63
<b>TIR [%]</b>	7,43
<b>Pay-back [anos]</b>	15,34
<b>Área necessária [m<sup>2</sup>]</b>	901,55
<b>Área disponível [m<sup>2</sup>]</b>	5 328

### 4.3 Análise Sensibilidade económica - Solução ótima com armazenamento

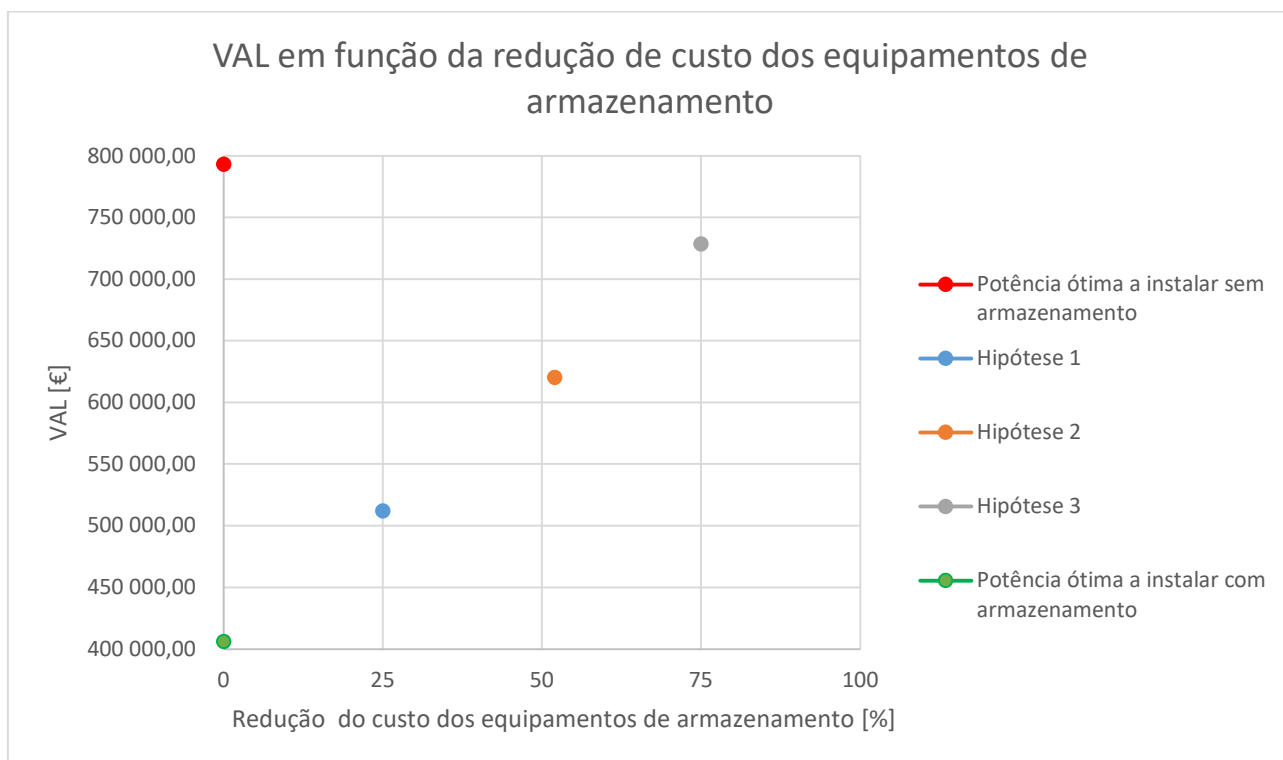


Gráfico 4.8 - VAL em função da redução de custo dos equipamentos de armazenamento

No Gráfico 4.8, é possível observar o comportamento do VAL para cada escalão de redução do custo dos equipamentos de armazenamento, sendo este o melhor caso de armazenamento, respetivamente o caso de 400 kW de potência a instalar com uma capacidade de 29,03 kWh.

É possível observar que mesmo com uma redução de 75% nas baterias e nos inversores híbridos que o valor atual líquido continua abaixo do caso da instalação sem armazenamento.

Deste modo, é possível aferir que os equipamentos com capacidade de armazenamento ainda apresentam um custo significativo nas instalações fotovoltaicas.

#### 4.4 Solução ótima sem armazenamento através da ferramenta de otimização

Em relação à utilização do solver, como enaltecido anteriormente, reequacionou-se certas equações no algoritmo.

Ao executar o solver, foi obtido alguns resultados, sendo este comparado com as soluções previamente estudadas mais próxima, em termos de potência kWp. A Tabela 4.3, exprime os resultados obtidos pela ferramenta de otimização:

Tabela 4.3 - Valores obtidos pela ferramenta de Otimização para a solução ótima sem armazenamento

<b>Condições iniciais do Solver</b>				
<b>Potência inicial [kW]</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>700</b>
<b>Resultados Obtidos</b>				
<b>Potência [kW]</b>	585,8	564,53	525,63	700,47
<b>Custo investimento inicial [€]</b>	382 930,83	369 014,36	343 557,50	457 943,74
<b>VAL [€]</b>	784 058,71	786 683,73	789 326,03	760 270,43
<b>ROI</b>	3,05	3,13	3,30	2,66
<b>Cash Flow [€]</b>	109 322,16	108 264,39	106 127,15	114 120,82
<b>TIR [%]</b>	25,84	27,11	29,68	20,32
<b>Pay-back [anos]</b>	8,20	7,99	7,58	9,40

Como é possível observar na Tabela 4.3, para cada condição inicial diferente, o resultado é alterado.

Verifica-se também que quanto maior o valor da condição inicial, mais próximo será o valor retribuído pelo solver em comparação com a potência ótima a instalar (500 kW). A explicação para tal é devido ao facto que o declive do gradiente ser menor, havendo assim um menor incremento por iteração, sendo assim mais preciso.

Depara-se também que quando o valor é superior ao máximo do problema (por exemplo com uma potência inicial de 700 kW) o resultado obtido não varia, devido ao facto de não haver um valor superior ao colocado inicialmente.

Como esperado, a ferramenta de otimização não apresenta valores inteiros nem de multiplicidade dos inversores a utilizar, pois o algoritmo está objetivado para encontrar a solução com maior VAL em função da potência a instalar sem restrições.

É possível verificar que o comportamento do Solver vai ao encontro do Gráfico 4.3. A Tabela 4.4 sustenta o comportamento do solver.

Tabela 4.4 - Comparação dos Resultados obtidos do solver com o Gráfico 5.3

Comparação dos Resultados obtidos do solver com o Gráfico 4.3							
Solver		Gráfico 4.3.		Variação entre soluções			
Potência a instalar [kW]	VAL [€]	Potência a instalar [kW]	VAL [€]	[kW]	[%]	[€]	[%]
585,8	784 058,71	600 <sup>(1)</sup>	786 000	-14,2	-2,42	-1 941	-0,25
564,53	786 683,73	550 <sup>(1)</sup>	782 989	14,13	2,57	3 695	0,47
<b>525,63</b>	<b>789 326,03</b>	<b>500<sup>(1)</sup></b>	<b>793 323</b>	<b>25,63</b>	<b>4,88</b>	<b>-3 997</b>	<b>-0,51</b>
700,47	760 270,43	700	766 792	0,47	0,07	-6 522	-0,86

(1) Para os valores apresentados, foi utilizado os valores mais próximos conhecidos.

## 4.5 Solução ótima com armazenamento através da ferramenta de otimização

Para a solução ótima com armazenamento através da ferramenta de otimização, o procedimento é análogo ao efetuado no ponto 4.4.

Tabela 4.5 - Valores obtidos pela ferramenta de Otimização para a solução ótima com armazenamento

Condições iniciais do Solver			
<b>Potência inicial [kW]</b>	50	100	200
<b>Capacidade das Bateria [kWh]</b>	10	10	10
Resultados Obtidos			
<b>Potência [kW]</b>	<b>403,97</b>	387,95	219,05
<b>Capacidade das Bateria [kWh]</b>	0,05	0,05	0,08
<b>Custo investimento inicial [€]</b>	636 413,79	423 043,02	321 728,51
<b>VAL [€]</b>	421 046,87	423 043,02	321 728,51
<b>ROI</b>	1,66	1,69	1,93
<b>Cash Flow [€]</b>	99 061,62	96 880,10	62 474,92
<b>TIR [%]</b>	7,7	8,12	10,93
<b>Pay-back [anos]</b>	15,06	14,79	12,95

Através da Tabela 4.5, é possível verificar que para todas as condições iniciais admitidas, é obtido soluções sem capacidade de armazenamento, considerando que 0,05 kWh uma capacidade não sujeita a instalação. Visualiza-se também que para a condição inicial de 50 e 100 kW, o resultado obtido apresenta um valor de potência a instalar em conformidade com o obtido no Gráfico 4.7, isto é, ao traçar a curva de tendência linear do gráfico da curva de 400 kW, obtém-se uma curva com o seguinte declive:

$$y (kWh) = -277,62[€/kWh] \times kWh + 415571 [€]$$

Significando que:

$$y(0) = 415571 \text{ €}$$

Os valores obtidos dos *inputs* de 50 e de 100 kW, o VAL é de 421 046,87€ e 423 043,02€ respectivamente. Ao comparar com a curva de tendência, a variação do VAL é de aproximadamente 1,5%, em comparação com o algoritmo de energia.

Em relação à condição inicial de 200 kW com uma capacidade de 10 kWh, esta convergiu para um máximo local.





# Capítulo V

## Conclusões

***Resumo:***

Este capítulo incide na compilação de toda a informação obtida anteriormente de modo a efetuar conclusão do estudo.

Será transmitido possíveis aspetos a melhorar e novos desenvolvimentos no futuro do algoritmo utilizado.

## 5 Conclusões

### 5.1 Conclusões

A dissertação em causa apresenta como principal objetivo a otimização da capacidade de armazenamento através aproveitamento fotovoltaico numa unidade fabril de laboração continua.

Resumidamente, de modo a concluir sobre os objetivos efetuou-se primeiramente o estudo da potência ótima a instalar sem armazenamento e de seguida o estudo da simultaneidade da potência e armazenamento ótimo a instalar. Estes estudos efetuam-se através do algoritmo de gestão de energia.

Posteriormente, ao enquadrar os resultados, desenvolveu-se uma ferramenta de otimização para a determinação ótima sem armazenamento e de seguida a capacidade de armazenamento ótima conjuntamente com a sua potência a instalar ótima.

O autor do algoritmo de gestão de energia apresentava como um desenvolvimento futuro uma ferramenta que permitisse o cálculo da área mínima de implementação da instalação fotovoltaica. Deste modo, desenvolveu-se o cálculo da área mínima necessária para a possibilidade de efetuar a instalação fotovoltaica.

Em suma, contemplou-se que a energia renovável em Portugal tem vindo a crescer acentuadamente, com maior destaque à energia fotovoltaica. Portugal igualmente, ao comparar-se com a união europeia, é visto como um dos melhores países para a produção de energia proveniente do Sol, como foi possível a visualização da Figura 1.2.

Em relação ao algoritmo de gestão de energia, como referido anteriormente no capítulo 4, ao colocar os *inputs* necessários, para cada solução foi obtido um resumo característico de cada solução, inclinação dos painéis, potência instalada, resumo dos equipamentos e seus custos associados, uma avaliação económica, entre outros.

Para a ferramenta de otimização, foi necessário a reestruturação do problema a fim das variáveis do problema (Potência a instalar e capacidade de armazenamento) ficarem dependente unicamente do objetivo (VAL), sendo as variáveis do problema independentes uma da outra.

Sobre o algoritmo de gestão de energia, onde resultou numa solução ótima sem armazenamento se apresentava com as seguintes características:

Tabela 5.1 - Resumo das características principais da solução ótima sem e com armazenamento

Solução	Inclinação dos painéis	Potência a instalar ótima [kW]	Capacidade de armazenamento [kWh]	Custo investimento inicial [€]	Cash-Flow [€]	VAL [€]	ROI	TIR [%]	PP [anos]
53	29°	500	-	322 372,75	104 517,04	793 323,31	3,46	32,31	7,23
8	29°	400	29,03	639 271,70	97 723,02	403 899,63	1,63	15,34	15,34
<b>Variação entre soluções [%]</b>				-98,30%	6,50%	49,09%	52,89%	52,52%	-112,17%

Através da Tabela 5.1, conclui-se que a solução com capacidade armazenamento não é economicamente viável em comparação à solução sem capacidade de armazenamento. É possível observar que o valor atual líquido reduz quase 50%.

Posteriormente, optou-se por realizar uma análise de sensibilidade, que consistiu em avaliar o peso do custo de investimento em baterias e respetivos inversores híbridos. Após uma redução de 75% no custo original dos equipamentos, verificou-se que o VAL continua inferior em relação à potência ótima a instalar sem armazenamento, concluindo assim que o principal obstáculo à utilização de um sistema de armazenamento é o próprio custo do sistema.

Como tal, para este caso de estudo, a solução ótima é a solução sem capacidade de armazenamento, respetivamente a solução nº 53.

Em relação ao parâmetro da área necessária, verificou-se que para as soluções ótimas, todas exibem áreas mínimas concretizáveis de implementação.

Em relação à inclinação dos painéis, verifica-se que a solução ótima passaria pela utilização de uma inclinação de 29° e não de 39°, valor igual à latitude do local. Tal deve-se ao facto de Portugal apresentar durante o seu ano períodos exposição solares prolongadas, baixando assim a sua inclinação para captação de mais irradiação.

Sobre a redução da fatura elétrica, a tabela resume a produção e a sua poupança associada:

Tabela 5.2 – Resumo energético da Solução ótima gerada pelo algoritmo de gestão de energia

<b>Solução</b>	143
<b>Energia produzida prevista [kWh]</b>	1 044 862,07
<b>Energia produzida Poupança – fatura [€]</b>	Sob Consulta <sup>5</sup>
<b>Energia produzida desperdiçada [kWh]</b>	Sob Consulta <sup>5</sup>
<b>Energia produzida desperdiçada [€]</b>	Sob Consulta <sup>5</sup>
<b>Energia Comprada à Rede - com produção Energia [kWh]</b>	Sob Consulta <sup>5</sup>
<b>Energia Comprada à Rede - com produção [€]</b>	Sob Consulta <sup>5</sup>
<b>Energia consumida totalmente pela rede - sem produção: Energia [kWh]</b>	Sob Consulta <sup>5</sup>
<b>Energia consumida totalmente pela rede - sem produção: [€]</b>	Sob Consulta <sup>5</sup>
Poupança Energética [kWh]	Sob Consulta <sup>5</sup>
Poupança Energética [€]	Sob Consulta <sup>5</sup>
Poupança Energética [%]	44,70%

Em suma, a colocação de produção fotovoltaica apresenta uma redução significativa ao consumo da unidade fabril.

Em relação à *Solver*, conclui-se que é uma ferramenta de otimização com um desvio no intervalo de 0,1 a 4,9% em termos de potência a instalar ótima sem armazenamento, com um erro do valor atual líquido de 1%.

Em relação à potência a instalar com armazenamento, o *solver* indica-nos que o armazenamento não é viável, apresentando para a curva de 400 kW uma solução sem armazenamento, com um erro de 1,5% no valor do VAL (extrapolando o valor para o eixo das ordenadas).

De salientar que para a determinação da solução ótima pelo método do algoritmo de gestão de energia necessitou-se da simulação de 201 casos de estudo e com o método matemático de otimização de apenas de 7, havendo assim uma redução substancial do tempo necessário na determinação da potência ótima a instalar.

---

<sup>5</sup> A restante informação apresenta-se disponível mediante de pedido ao autor do trabalho

O *solver* apresenta uma boa precisão caso seja previamente conhecido o problema a resolver e o seu comportamento. Com este conhecimento prévio, com a colocação dos *inputs* precisos, conclui-se que o *solver* apresenta um bom resultado de otimização do problema, fornecendo-nos assim uma solução viável.

## 5.2 Trabalhos futuros

Com a pesquisa e desenvolvimento da dissertação, foi possível adquirir novos horizontes com o intuito de melhorar e desenvolver o algoritmo usado. Assim sendo, é evidenciado alguns desenvolvimentos do algoritmo:

- Criação de um software *user-friendly* para a utilização do algoritmo de gestão de energia;
- Criação de um planeamento de manutenção e o seu custo associado anual;
- Integração de troca de equipamentos devido ao fim da sua vida útil;
- Criação da hipótese do deslocamento dinâmico do preço da bateria, isto é, carregar baterias através da rede elétrica no período onde o custo energético é baixo para utilização na altura de maior peso económico;
- Criação do parâmetro de previsão do aumento da tarifa energética de acordo com a inflação;
- Previsão da quantidade de emissões CO<sub>2</sub> evitada com a produção de energia renovável;
- Utilização da nova tecnologia de painéis fotovoltaicos, painéis bifaciais e a outras tecnologias existentes;
- Integração do parâmetro da colocação de carregamentos de veículos elétricos na hora de produção de forma a aumentar o autoconsumo.

# Referências Bibliográfica

## Bibliografia

- [1] P. D. G. M. A. Raphael Santos do Nascimento, *FONTES ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS DE ENERGIA NO BRASIL: MÉTODOS E BENEFÍCIOS AMBIENTAIS*, 2016.
- [2] Conselho da União Europeia, “Pacto Ecológico Europeu,” Fevereiro 2023. [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/pt/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>.
- [3] Conselho da União Europeia, “Infografia – Objetivo 55: Como é que a UE pretende impulsionar a utilização de energias renováveis?,” Julho 2022. [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/pt/infographics/fit-for-55-how-the-eu-plans-to-boost-renewable-energy/>. [Acedido em Fevereiro 2023].
- [4] Conselho da União Europeia, “Infografia – Objetivo 55: como tenciona a UE rever a tributação da energia?,” Julho 2022. [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/pt/infographics/fit-for-55-energy-taxation/>. [Acedido em Fevereiro 2023].
- [5] Conselho da União Europeia, “Infografia – Objetivo 55: Cumprir os objetivos climáticos no setor do uso do solo e florestas,” Janeiro 2023. [Online]. Available: <https://www.consilium.europa.eu/pt/infographics/fit-for-55-lulucf-land-use-land-use-change-and-forestry/>. [Acedido em Março 2023].
- [6] A. C. C. MONTEIRO, Aplicação de painéis solares em edifícios públicos ara autoconsumo fotovoltaico, Dissertação de Mestrado, Engenharia Eletrotécnica, ISEL, IPL, Fevereiro 2018.
- [7] M. Barros, Introdução de um Sistema de Autoconsumo Fotovoltaico num Equipamento Coletivo, Dissertação de Mestrado, Engenharia Eletrotécnica, ISEL, IPL, Dezembro 2020.
- [8] F. M. M. ANDRÉ, Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos com Baterias Ligados à Rede, Dissertação de Mestrado, Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, FCT, NOVA de Lisboa, Fevereiro 2022.
- [9] F. M. D. O. Nunes, FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEL, Maio 2021.
- [10] A. M. D.-P. R. D.-P. José Antonio Luceño-Sánchez, Materials for Photovoltaics: State of Art and Recent Developments, International Journal of Molecular Science, Fevereiro 2019.
- [11] M. A. G. João Tavares Pinho, Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, CEPEL - CRESESB, Março 2014.
- [12] Clean Energy Reviews, “How Solar Power Works - On-Grid, Off-Grid And Hybrid Systems,” Martin Newkirk, Dezembro 2021. [Online]. Available: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/2014/5/4/how-solar-works>. [Acedido em Março 2023].
- [13] G. A. G. John G. Hayes, Electric Powertrain, John Wiley & Sons Ltd, 2018.
- [14] E-Redes, “Produtores Autoconsumo Individual,” [Online]. Available: <https://www.e-redes.pt/pt-pt/transicao-energetica/redes-do-futuro/autoconsumo>. [Acedido em Fevereiro 2023].

- [15] Iberdrola, “Os grandes desafios da autossuficiência e da segurança energética,” [Online]. Available: <https://www.iberdrola.com/sustentabilidade/transicao-energetica/autossuficiencia-energetica-seguranca>. [Acedido em Março 2023].
- [16] T. M. C. D. C. C. JORDÃO, Otimização da potência instalada e da capacidade de armazenamento em aproveitamento fotovoltaico para autoconsumo, Dissertação de Mestrado, Engenharia Eletrotécnica, ISEL, IPL, Fevereiro 2023.
- [17] Solar Shop, “Solar Shop,” [Online]. Available: <https://www.solarshop.pt/>. [Acedido em Julho 2023].
- [18] GC Solar, “GC Solar,” [Online]. Available: <https://onlineshop.gcsolar.co.za/product/growcol100kw-solar-storage-hybrid-inverter/>. [Acedido em Julho 2023].
- [19] Solar View, “Espaçamento entre módulos fotovoltaicos: como definir?,” [Online]. Available: <https://solarview.com.br/blog/espacamento-entre-modulos-fotovoltaicos/>.
- [20] Energia Solar, “Localização, orientação e inclinação dos painéis solares,” [Online]. Available: <https://pt.solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/painel-fotovoltaico/localizacao-de-paineis-solares>.
- [21] ERSE, “ESTRUTURA TARIFÁRIA DO SETOR ELÉTRICO EM 2019,” [Online]. Available: <https://www.erse.pt/media/1kifgvjh/estrutura-tarif%C3%A1ria-2019-dez2018.pdf>. [Acedido em Julho 2023].
- [22] “A Utilização do SOLVER do Excel para a Solução de Problemas de Otimização,” [Online]. Available: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6908960/mod\\_resource/content/1/Otimiza%C3%A7%C3%A3o%20-%20Cap%C3%ADtulo%207.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6908960/mod_resource/content/1/Otimiza%C3%A7%C3%A3o%20-%20Cap%C3%ADtulo%207.pdf). [Acedido em Agosto 2023].
- [23] Engineer Excel, “EXCEL SOLVER: WHICH SOLVING METHOD SHOULD I CHOOSE?,” [Online]. Available: <https://engineerexcel.com/excel-solver-solving-method-choose/>.
- [24] APREN, Associação Portuguesa de Energias Renováveis, “Evolução da Potência Instalada em Portugal,” [Online]. Available: <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/destaques>. [Acedido em Março 2023].
- [25] SOLARGIS, “Solar resource maps of Europe,” [Online]. Available: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/europe>. [Acedido em Janeiro 2023].
- [26] SOLARGIS, “Solar resource maps of Portugal,” [Online]. Available: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/portugal>. [Acedido em Janeiro 2023].
- [27] Date and Time, “Coordenadas geográficas de Palmela, Portugal,” [Online]. Available: <https://dateandtime.info/pt/citycoordinates.php?id=2265223>. [Acedido em Agosto 2023].
- [28] PNEC, “[https://apambiente.pt/sites/default/files/\\_Clima/Planeamento/PNEC%20PT\\_Template%20Final%20-%20vers%C3%A3o%20final\\_30\\_06\\_2023.pdf](https://apambiente.pt/sites/default/files/_Clima/Planeamento/PNEC%20PT_Template%20Final%20-%20vers%C3%A3o%20final_30_06_2023.pdf),” [Online]. [Acedido em 2023].

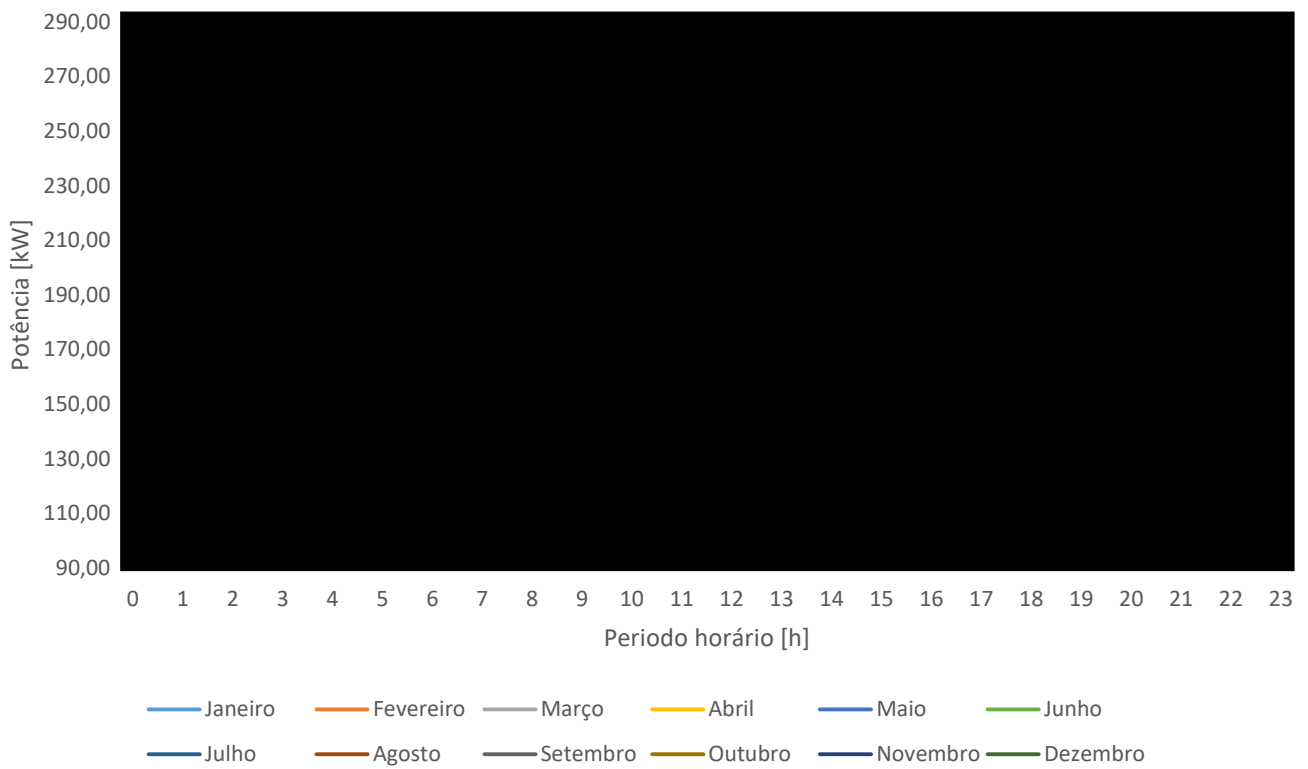
# **Apêndice I**

Gráficos confidenciais.

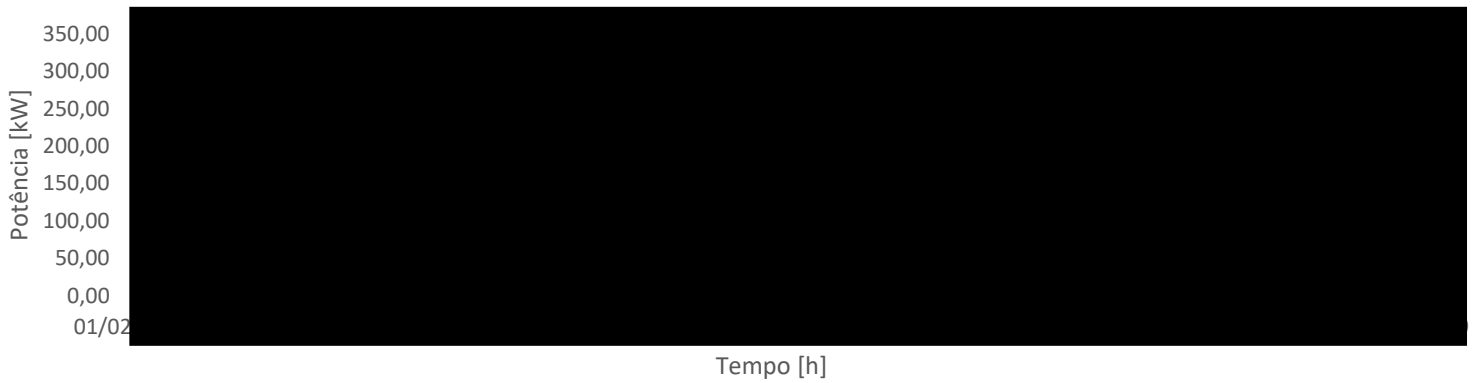
Informação disponível mediante de pedido ao  
autor do trabalho



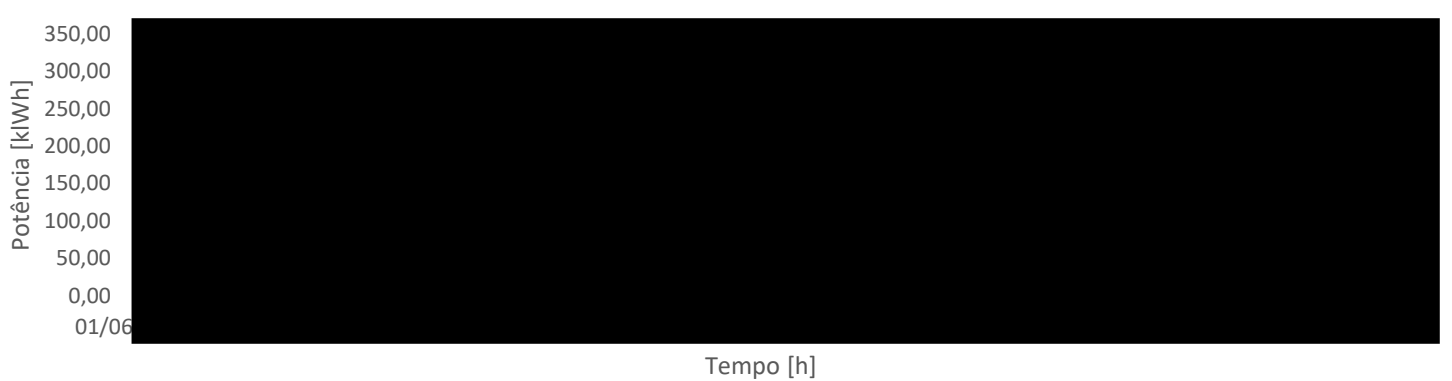
### Potência Média Horária Mensal da fábrica



### Consumo de energia para o mês de Fevereiro



### Consumo de energia para o mês de Junho



### Consumo de energia para o mês de Agosto



# **Apêndice II**

Algoritmo de gestão de energia

#### 4. Seleção equipamentos

VAL [€]	Armazenamento [kWh]	Indisponibilidade da bateria [h]	Autosuficiência [%]	Autoconsumo [%]	Desperdício	ROI	Payback Period [anos]	TIR [%]
406 251	30,1	77%	34,1%	77,6%	22,4%	1,64	15,24	7,47%

#### 4.1. Seleção de Potência do Parque

Solução	Insira a Potência Desejada para o Parque [kWp]
1	400

Acrescentar Solução

Voltar a Início

#### 4.2. Opções de simulação

Preço das baterias - Redução [%]	Tipo de dados de consumo	Inclinação dos módulos	Custos de instalação [%]
0%	Real	Inc 29°	40

Guardar

### 4.3 Seleção Inversor

Gama	Seleção	Marca	Modelo	Preço [€]	Apoio [€/kWh]	Rated AC Active Power [kW]	Max. Input Voltage [V]	Max. Current per MPPT [A]	Number of MPP trackers	Max. number of inputs	Eficiencia [%]	Rated AC Active Power [W]	Nominal AC voltage [V]	Max. output current [A]
[50 e 110]	Sim	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	9450,75	85,92	110	1100	26	12	2	98,40	110000	400	159
	Não	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	7620,61	76,21	100	1100	26	10	2	98,40	100000	400	160,4
	Não	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	4931,07	82,18	60	1100	22	6	2	98,50	60000	400	95,3

#### 4.4 Seleção Painel Solar

Gama	Seleção	Marca	Modelo	Preço [€]	Apoio [€/Wp]	Pmax [Wp]	Voc [V]	Isc [A]	Vmpp [V]	Imp [A]	Eficiencia [%]	Área [m²]	Dados NOTC/NMOT						Dados de coeficientes Coeficiente de temperatura			Comprimento Painel	Largura Painel		
													Modelo	Pmax [Wp]	Voc [V]	Isc [A]	Vmpp [V]	Imp [A]	NMOT [°C]	Δ NMOT [%]	Voc [%/°C]			Isc [%/°C]	Pmax [%/°C]
[505 e 550]	Não	Phono Solar	550 WpTwinplus	200,17	0,364	550	49,59	13,82	41,55	13,24	21,29	2,58	PS550M6-242/TH	409	46,81	11,17	38,25	10,7	45	+ - 2 °c	-0,28	0,05	-0,35	2,278	1,134
	Sim	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	183,59	0,364	505	45,86	13,83	37,63	13,83	21,27	2,37	DM505M10-66HSW/-V	406	45,46	11,01	37,55	10,08	42	+ - 3 °c	-0,246	0,0448	-0,33	2,094	1,134

#### 4.5 Seleção Bateria

Instalação com armazenamento?	Sim	Paralelo de baterias:		Quantidade		Máximo	
-------------------------------	-----	-----------------------	--	------------	--	--------	--

Gama	Seleção	Marca	Modelo	Preço [€]	Apoio [€/kWh]	Capacidade [kWh]	Usable energy [kWh]	Observações	Paralelo	Máximo de paralelo	Tecnologia	nº de módulos	Profundidade de descarga (DOD) [%]	tensão nominal [V]	Eficiência do carregamento
	Não	Fox ESS	Energy Cube	19271,34	663,84	29,03	26,13	1 kit Armário de baterias	sim	7	litio	7	90	403,2	95
	Sim	Fox ESS	Energy Cube	38 542,68	663,84	58,06	52,25	2 kit Armário de baterias	sim	7	litio	7	90	403,2	95
	Não	Fox ESS	Energy Cube	57 814,02	663,84	87,09	78,38	3 kit Armário de baterias	sim	7	litio	7	90	403,2	95
	Não	Fox ESS	Energy Cube	77 085,36	663,84	116,12	104,51	4 kit Armário de baterias	sim	7	litio	7	90	403,2	95
	Não	Fox ESS	Energy Cube	96 356,70	663,84	145,15	130,64	5 kit Armário de baterias	sim	7	litio	7	90	403,2	95

## 5.Cálculo instalação

### 5.1 Informação geral da Solução

Potência do Parque [kWp]	Tipo de dados de consumo	Inclinação dos módulos	Custos de instalação [%]	VAL [€]	Area Disponível P/Instalação	Area Necessária [m <sup>2</sup> ]	Dmin entre paineis [m]	Inclinação Paineis	Tan altura solar pior mês	cos azimute solar pior mês	Qntd Paineis/String	Strings/Inversor	Qntd Inversores
400	Real	Inc 29°	40	514 505,22	5159	901,55	0,54	29	1,804047755	0,874619707	23	8	4

### 5.2 Equipamentos Seleccionados

Inversor de Rede	Potência AC [kW]	Catálogo	Marca	Modelo	Preço [€]	Tensão Máxima de entrada [V]	Corrente Máxima MPPT [A]	Quantidade de MPP trackers	Número máximo de entradas	Eficiencia [%]	Potência Ativa Máxima [W]	Tensão Nominal AC [V]	Corrente Máxima de Saída [A]
	100	-	Growcol	MPS0100	73883,07	1000	26	10	2	0,984	100000	400	160,4

Painel fotovoltaico	Potência [Wp]	Catálogo	Marca	Modelo	Preço [€]	Pmax [Wp]	Voc [V]	Isc [A]	Vmpp [V]	Impp [A]	Eficiencia [%]	Área [m <sup>2</sup> ]	Pmax [Wp]	Voc [V]	Isc [A]	Vmpp [V]	Impp [A]	NMOT [°C]	Δ NMOT [%]	Coeficiente de temperatura			Comprimento Paineis	Largura Paineis
																				Voc [%/°C]	Isc [%/°C]	Pmax [%/°C]		
	550	-	Phono Solar	550 WpTwinplus	200,17	550	49,59	13,82	41,55	13,24	21,29	2,58	409	46,81	11,17	38,25	10,7	45	+ - 2 °c	-0,28	0,05	-0,35	2,278	1,134

Instalação com armazenamento?	Sim
-------------------------------	-----

Baterias	Catálogo	Marca	Modelo	Preço [€]	Capacidade [kWh]	Usable energy [kWh]	Observações	Paralelo	Máximo de paralelo	Tecnologia	nº de módulos	Profundidade de descarga (DOD)	Tensão nominal [V]	Eficiencia do carregamento
	-	Fox ESS	Energy Cube	14453,5	30,1	29,03	1 kit Armário de baterias	sim	7	Lítio	7	90	403,2	95

Paralelo de baterias:	<input checked="" type="checkbox"/>
Quantidade	



### 5.3 Determinação e verificação da Instalação

	Potência a instalar no parque (KWp)	Potência de cada Painel (KWp)	Potência máxima dada pelo pvgis (kW)	Potência escolhida do(s) inversores [kW] AC	Tensão do Inversor - Umpp (V)	Tensão no painel solar - Umpp (V)	catálogo painéis solares	Temperatura máxima do ar	Coefficiente de temperatura Voc
	Pot. UPP (KWp)	Pot. Mod. (KWp)	Pmax (KW)	Pot. Inv. (KW)	Umpp Inv. (V)	Umpp Mod. (V)	U Mod OC (V)	(°C)	[%/°C]
Dados	400,0	0,550	1089,6	100,0	1000,0	41,6	49,6	31,4	-0,3

	Parque				Inversores/Strings				
	Quantidade de Módulos	Quantidade de Inversores	Quantidade de módulos por inversor	Quantidade de Módulos por fileira	Quantidade de fileiras por inversor	Arredondar por defeito valores da linha à esquerda	Quantidade de módulos por inversor	Tensão real no inversor (V)	Valor máximo de input do inversor
	n.º Mod.	Inversores	Mod./Inv.	Mod/Str	Str./Inv.	Str/Inv calc.	Mod/Inv calc.	U Inv (V)	U Inv OC (V)
Cálculos	727,3	4,0	181,82	24,1	7,6				
	727,3	4,0	181,82	26,0	7,0	8,0	208,0	1080,3	1266,4
	727,3	4,0	181,82	25,0	7,3	8,0	200,0	1038,8	1217,7
	727,3	4,0	181,82	24,0	7,6	8,0	192,0	997,2	1169,0
	727,3	4,0	181,82	23,0	7,9	8,0	184,0	955,7	1120,3
	727,3	4,0	181,82	22,0	8,3	9,0	198,0	914,1	1071,6

Potência por inversor prevista	Potência de cada string	Corrente por string	Corrente por inversor	Tensão no módulo real	
Pot./Inv calc. (kW)	%	Pot./Str calc. (kW)	I Str. (A)	I Inv. (A)	U Mod. (V)
114,4	0,3	14,3	13,2	105,9	41,55
110,0	0,3	13,8	13,2	105,9	41,55
105,6	0,3	13,2	13,2	105,9	41,55
101,2	0,3	12,7	13,2	105,9	41,55
108,9	0,3	12,1	13,2	119,1	41,55

### 5.4 Seleção da Instalação final

Quantidade de painéis na instalação [un]	Quantidade de inversores [un]	Quantidade de baterias [un]	Preço Painéis [€]	Preço inversores [€]	Preço das baterias [€]	Custo de instalação [%]	Total [€]	Solução final
-	-	-	200,17	73 883,07	19 271,34	40,00	-	Não
-	-	-	-	-	-	-	-	Não
768	4,0	1	153 730,56	295 532,28	19 271,34	179 705,14	648 239,32	Não
736	4,0	1	147 325,12	295 532,28	19 271,34	177 142,96	639 271,70	Sim
792	4,0	1	158 534,64	295 532,28	19 271,34	181 626,77	654 965,03	Não

### 5.5 Verificação da Solução

Máximo de corrente por	Corrente estimada	Quantidade de rastreadores MPP	Max. number of inputs	Total de strings permitidas no	Quantas strings previstas por	Max. output current [A]	I Inv. (A)	Cumpr requisitos?
-	-	-	-	-	-	-	-	não
-	-	-	-	-	-	-	-	não
-	-	-	-	-	-	-	-	não
-	-	-	-	-	-	-	-	não
26	11,71	4	2	8	4,0	63,8	46,8	ok

## 6. Algoritmo de Gestão

### 6.1 Resumo informação relevante dos equipamentos para aplicação no algoritmo

Módulos fotovoltaicos		Inversor		Armazenamento?	
Eficiência	0,213	Eficiência	0,984	Sim	
Coef temp potência	-0,35	Potência [kW]	100		
NOTC	45	<b>Bateria</b>			
KT	-	Capacidade [kWh]	30,10		
Pmp(stc) [W]	550	Usable energy [kWh]	29,03		
Nº de Módulos		Qo =	1,07	kWh	
		Qmax =	30,10	kWh	
		%desc =	-	%	
		Qmin =	1,07	kWh	

Parque	
Pinst =	404,80 kWp

Inclinação dos Módulos	
Inc 29°	

### 6.2 Cálculo Produção Real dos Módulos Fotovoltaicos

		P <sub>máx</sub> [W/m <sup>2</sup> ]	T <sub>máx</sub> [°C]				
		1089,64	31,36				
		Dados PVGIS		Por módulo			
Data Hora		Radiação global	Temperatura do ar	Radiação média total	P <sub>MPP</sub> (STC)	Temperatura módulo	P <sub>MPP</sub> (T <sub>mod</sub> )
		[W/m <sup>2</sup> ]	[°C]	[kW/m <sup>2</sup> ]	[W]	[°C]	[W]
01/01	01:00	0	9,67	0,00	0,00	-	-
01/01	02:00	0	9,28	0,00	0,00	-	-
01/01	03:00	0	8,95	0,00	0,00	-	-
01/01	04:00	0	8,78	0,00	0,00	-	-
01/01	05:00	0	8,63	0,00	0,00	-	-
01/01	06:00	0	8,52	0,00	0,00	-	-
01/01	07:00	0	8,41	0,00	0,00	-	-
01/01	08:00	0	8,3	0,00	0,00	-	-
01/01	09:00	0	7,76	0,00	0,00	-	-
01/01	10:00	381,79	8,25	0,38	209,98	20,18	213,53
01/01	11:00	623,25	10,09	0,62	342,79	29,57	337,31
01/01	12:00	778,87	11,57	0,78	428,38	35,91	412,02
01/01	13:00	838,74	12,94	0,84	461,31	39,15	438,46
01/01	14:00	837,17	14,06	0,84	460,44	40,22	435,91
01/01	15:00	766,56	14,86	0,77	421,61	38,82	401,22
01/01	16:00	592,05	15,31	0,59	325,63	33,81	315,58
01/01	17:00	371,93	15,36	0,37	204,56	26,98	203,14
01/01	18:00	0	14,83	0,00	0,00	-	-
01/01	19:00	0	13,72	0,00	0,00	-	-
01/01	20:00	0	12,49	0,00	0,00	-	-
01/01	21:00	0	11,7	0,00	0,00	-	-
01/01	22:00	0	11,05	0,00	0,00	-	-
01/01	23:00	0	10,49	0,00	0,00	-	-
02/01	00:00	0	10,1	0,00	0,00	-	-

### 6.3 Algoritmo de Gestão

Período Horário		Hora
Designação	[€/kWh]	
Vazio Normal		1
Vazio Normal		2
Super Vazio		3
Super Vazio		4
Super Vazio		5
Super Vazio		6
Vazio Normal		7
Cheia		8
Cheia		9
Ponta		10
Ponta		11
Ponta		12
Cheia		13
Cheia		14
Cheia		15
Cheia		16
Cheia		17
Cheia		18
Ponta		19
Ponta		20
Ponta		21
Cheia		22
Cheia		23
Cheia		0

Balanço de Energia [kWh]									
Consumo [kWh]	Produção total DC [kWh]	Produção total AC [kWh]	Défice energia [kWh]	Excedente de energia [kWh]	Energia Comprada [kWh]	Estado Bateria [kWh]	Descarga da Bateria [kWh]	Carga da Bateria [kWh]	Desperdício [kWh]
	0,00	0,00			43,25	1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00			33,5	1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00			35,8	1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00			34,8	1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00			36,0	1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00			40,5	1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00			49,8	1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00			48,5	1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00			36,3	1,07	0,00	0,00	
	157,16	154,01			0,0	30,10	0,00	29,03	
	248,26	243,29			0,0	30,10	0,00	0,00	
	303,25	297,18			0,0	30,10	0,00	0,00	
	322,71	316,25			0,0	30,10	0,00	0,00	
	320,83	314,42			0,0	30,10	0,00	0,00	
	295,30	289,39			0,0	30,10	0,00	0,00	
	232,27	227,63			0,0	30,10	0,00	0,00	
	149,51	146,52			0,0	30,10	0,00	0,00	
	0,00	0,00			3,2	1,07	29,03	0,00	
	0,00	0,00			31,8	1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00			32,0	1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00			35,3	1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00			31,8	1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00			33,8	1,07	0,00	0,00	
	0,00	0,00			45,0	1,07	0,00	0,00	



## 8. Resumo da Solução

### 8.1 Resumo da Solução utilizada

Solução	Potência instalada [kWp]
5_Pot_400_Inc 29°_Inst_404,8_armaz._30,1_VAL_406 251_Bat_0_ROI_1,64_TIR_0,07_PP_15,24_sim	404,8

Armazenamento	Capacidade de armazenamento instalada [kWh]	Autosuficiência	Autoconsumo	Desperdício
Sim	30,1	34,1%	77,6%	22,4%

Inversor Potência	Inversor Marca	Inversor Modelo	Inversor Quantidade	Inversor Custo total [€]
100 kW	Growcol	MPS0100	4	295 532

Painéis Fotovoltaicos Potência	Painéis Fotovoltaicos Marca	Painéis Fotovoltaicos Modelo	Painéis Fotovoltaicos Quantidade	Painéis Fotovoltaicos Custo total [€]
550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	736	147 325

Baterias Capacidade [kWh]	Baterias Marca	Baterias Modelo	Baterias Quantidade	Baterias Custo Total [€]	Indisponibilidade da Bateria [h]	Indisponibilidade da Bateria [%]
30,1	Fox ESS	Energy Cube	1	19 271	6 765	77%

## 8.2 Resumo Económico e Balanço Energético

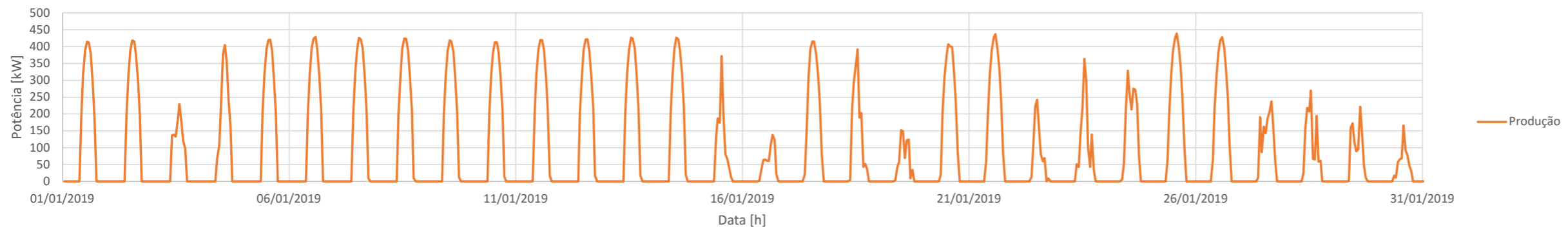
CashFlow [€]	Investimento [€]	VAL [€]	ROI	Payback Period [anos]	TIR [%]
97 943	639 272	406 251	1,64	15,24	7,471%

	Energia [kWh]	Custos [€]
Energia produzida Energia	797 805	
Energia produzida desperdiçada		
Energia consumida obtida pela produção		
Energia Comprada à Rede - com produção		
Energia consumida totalmente pela rede - sem produção:		

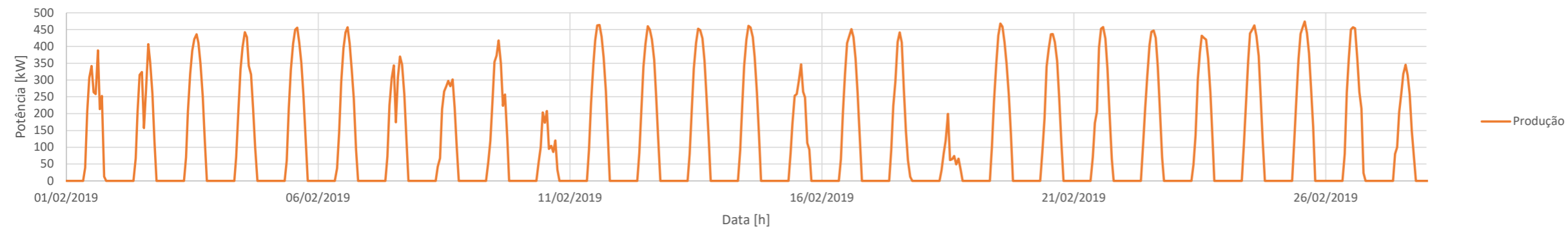
# **Apêndice III**

Diagrama de Carga mensal da unidade fabril e produção  
expectada da solução ótima

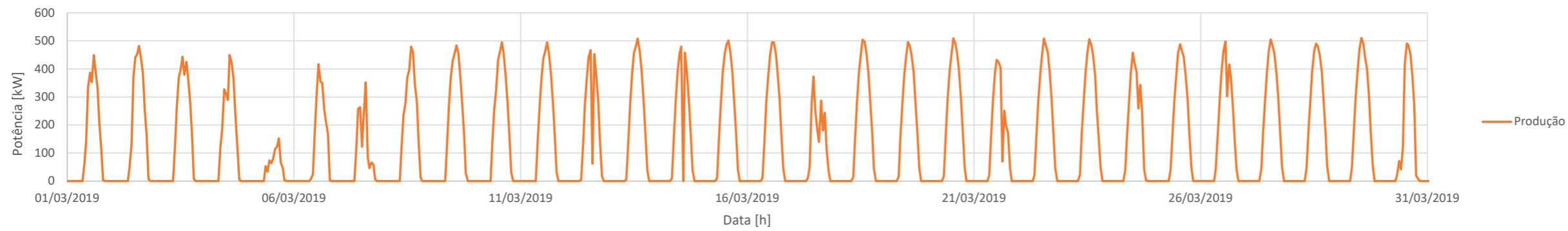
Consumo energético e produção fotovoltaica na unidade fabril para o mês de Janeiro



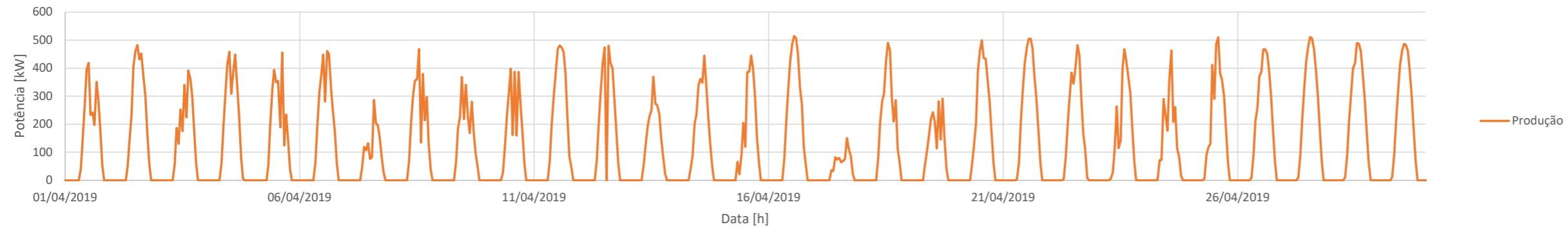
Consumo energético e produção fotovoltaica na unidade fabril para o mês de Fevereiro



Consumo energético e produção fotovoltaica na unidade fabril para o mês de Março

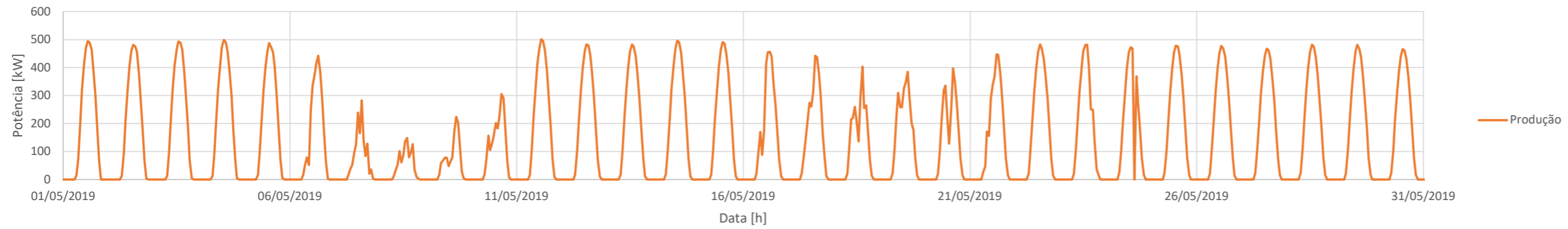


Consumo energético e produção fotovoltaica na unidade fabril para o mês de Abril

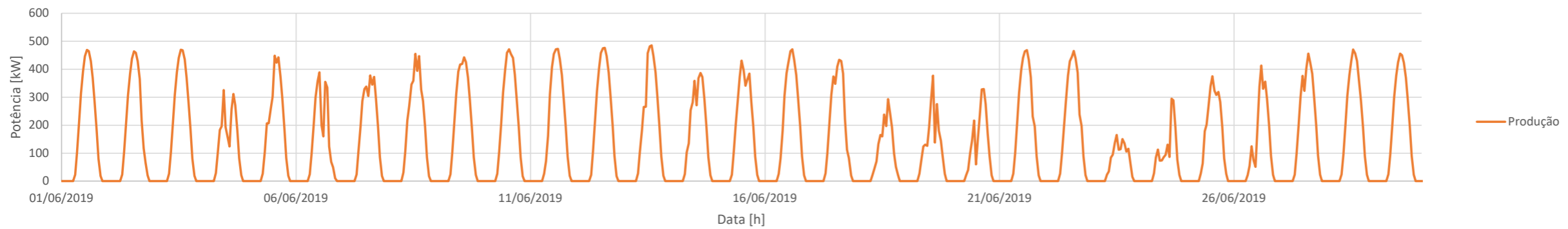




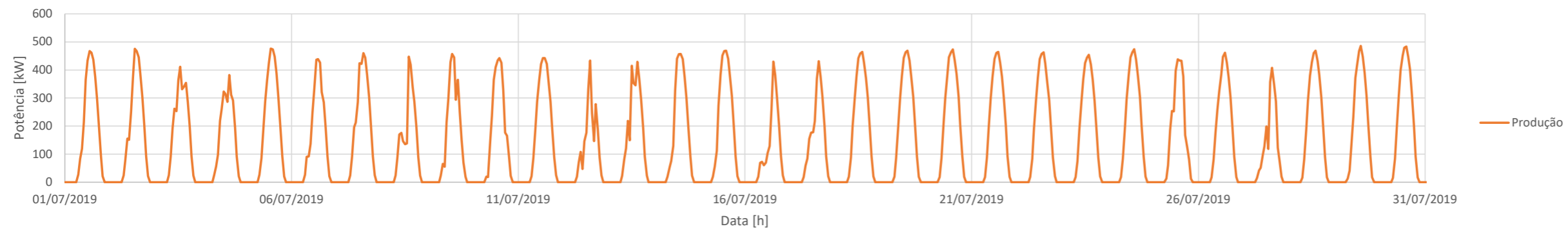
Consumo energético e produção fotovoltaica na unidade fabril para o mês de Maio



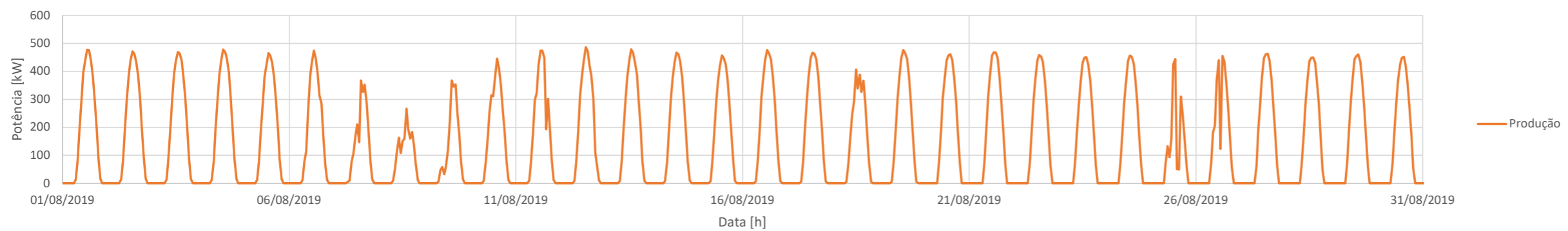
Consumo energético e produção fotovoltaica na unidade fabril para o mês de Junho



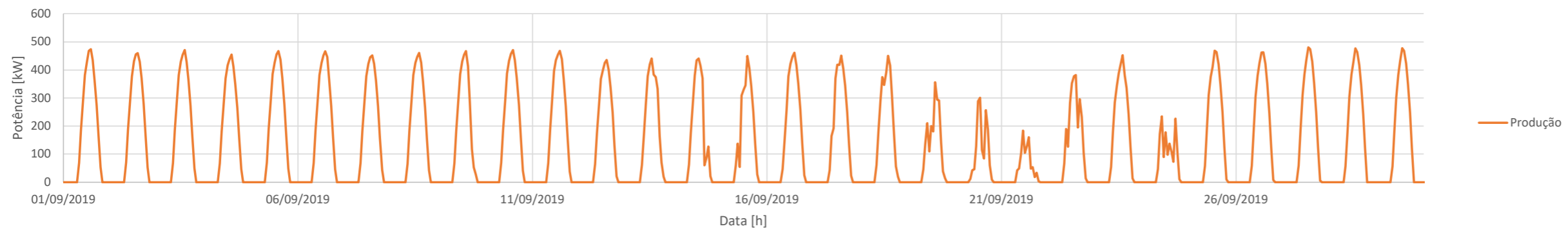
Consumo energético e produção fotovoltaica na unidade fabril para o mês de Julho



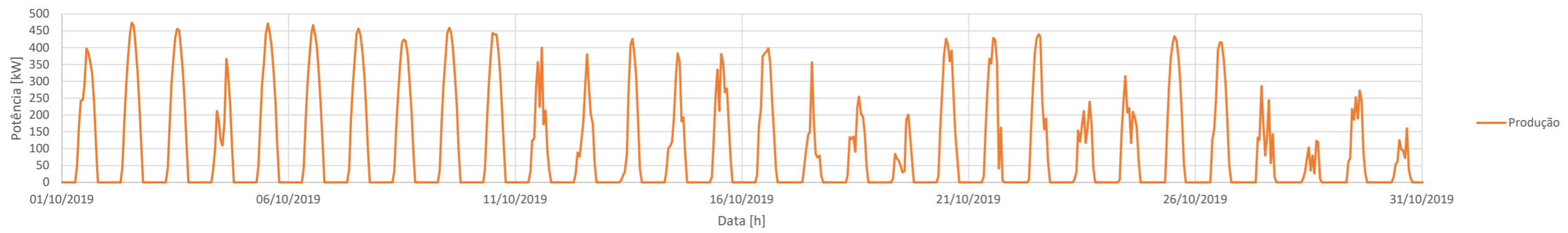
Consumo energético e produção fotovoltaica na unidade fabril para o mês de Agosto



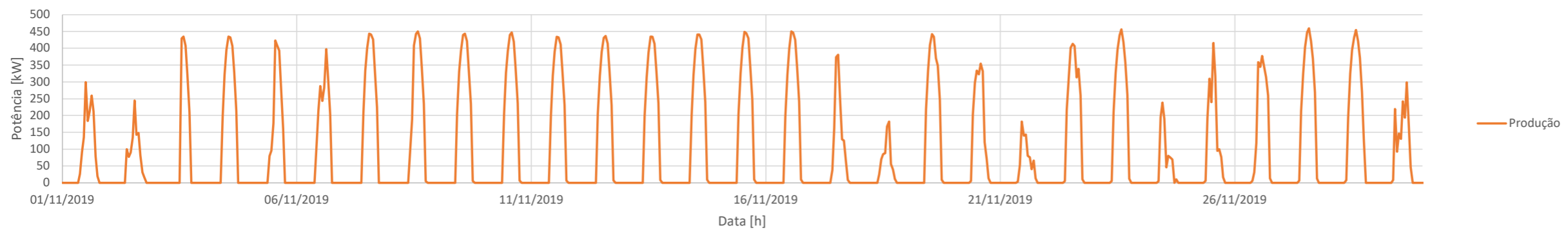
Consumo energético e produção fotovoltaica na unidade fabril para o mês de Setembro



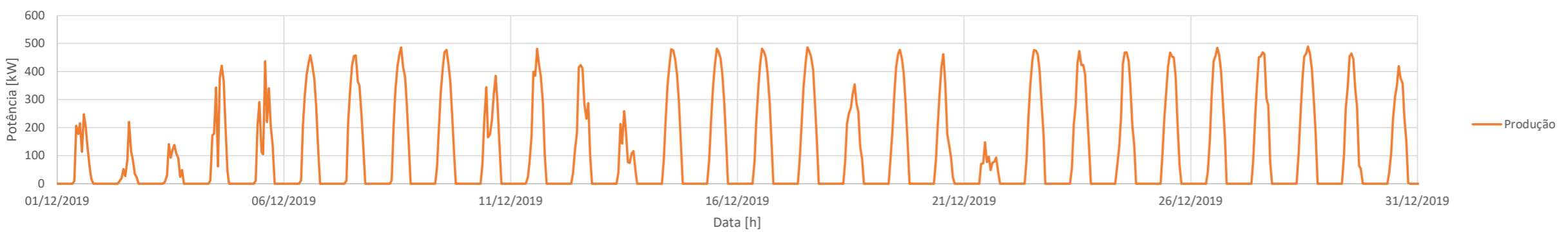
Consumo energético e produção fotovoltaica na unidade fabril para o mês de Outubro



Consumo energético e produção fotovoltaica na unidade fabril para o mês de Novembro



Consumo energético e produção fotovoltaica na unidade fabril para o mês de Dezembro



# **Apêndice IV**

Lista das soluções obtidas através do algoritmo de  
gestão de energia

Listagem das soluções com maior Eficiência										
Exemplo										
"Nº solução" "Pot a instalar [kW]" "Inclinação" "Pot a Instalar [kWp]" "armazenamento" "VAL" "ROI" "TIR" "Pay-Back" "Área Disponível Vs Área Necessária"										
Soluções										
1	Pot 180	Inc e azm ótimo	Inst 198	armaz. 0	VAL 455 635	ROI 4,75	TIR 57%	PP 5,26	sim	
2	Pot 200	Inc e azm ótimo	Inst 211,2	armaz. 0	VAL 481 124	ROI 4,73	TIR 57%	PP 5,29	sim	
3	Pot 240	Inc e azm ótimo	Inst 264	armaz. 0	VAL 577 079	ROI 4,56	TIR 53%	PP 5,48	sim	
4	Pot 300	Inc e azm ótimo	Inst 316,8	armaz. 0	VAL 663 101	ROI 4,43	TIR 50%	PP 5,64	sim	
5	Pot 330	Inc e azm ótimo	Inst 330	armaz. 0	VAL 675 183	ROI 4,25	TIR 47%	PP 5,88	sim	
6	Pot 400	Inc e azm ótimo	Inst 422,4	armaz. 0	VAL 762 674	ROI 3,96	TIR 41%	PP 6,31	sim	
7	Pot 440	Inc e azm ótimo	Inst 440	armaz. 0	VAL 762 191	ROI 3,75	TIR 37%	PP 6,67	sim	
8	Pot 500	Inc e azm ótimo	Inst 528	armaz. 0	VAL 790 592	ROI 3,45	TIR 32%	PP 7,25	sim	
9	Pot 550	Inc e azm ótimo	Inst 550	armaz. 0	VAL 780 736	ROI 3,25	TIR 29%	PP 7,69	sim	
10	Pot 600	Inc e azm ótimo	Inst 633,6	armaz. 0	VAL 784 223	ROI 3,03	TIR 25%	PP 8,25	sim	
11	Pot 660	Inc e azm ótimo	Inst 660	armaz. 0	VAL 767 306	ROI 2,85	TIR 23%	PP 8,77	sim	
12	Pot 700	Inc e azm ótimo	Inst 739,2	armaz. 0	VAL 763 305	ROI 2,69	TIR 21%	PP 9,29	sim	
13	Pot 770	Inc e azm ótimo	Inst 770	armaz. 0	VAL 740 257	ROI 2,53	TIR 18%	PP 9,88	sim	
14	Pot 800	Inc e azm ótimo	Inst 844,8	armaz. 0	VAL 730 620	ROI 2,42	TIR 17%	PP 10,33	sim	
15	Pot 880	Inc e azm ótimo	Inst 880	armaz. 0	VAL 700 579	ROI 2,26	TIR 15%	PP 11,06	sim	
16	Pot 180	Inc 39°	Inst 198	armaz. 0	VAL 456 869	ROI 4,76	TIR 58%	PP 5,25	sim	
17	Pot 200	Inc 39°	Inst 211,2	armaz. 0	VAL 482 437	ROI 4,74	TIR 57%	PP 5,27	sim	
18	Pot 240	Inc 39°	Inst 264	armaz. 0	VAL 578 769	ROI 4,57	TIR 53%	PP 5,47	sim	
19	Pot 300	Inc 39°	Inst 316,8	armaz. 0	VAL 665 137	ROI 4,44	TIR 51%	PP 5,63	sim	
20	Pot 330	Inc 39°	Inst 330	armaz. 0	VAL 677 234	ROI 4,26	TIR 47%	PP 5,87	sim	
21	Pot 400	Inc 39°	Inst 422,4	armaz. 0	VAL 763 191	ROI 3,96	TIR 41%	PP 6,31	sim	
22	Pot 440	Inc 39°	Inst 440	armaz. 0	VAL 762 493	ROI 3,75	TIR 37%	PP 6,67	sim	
23	Pot 500	Inc 39°	Inst 528	armaz. 0	VAL 788 654	ROI 3,45	TIR 32%	PP 7,25	sim	
24	Pot 550	Inc 39°	Inst 550	armaz. 0	VAL 778 677	ROI 3,25	TIR 29%	PP 7,69	sim	
25	Pot 600	Inc 39°	Inst 633,6	armaz. 0	VAL 782 108	ROI 3,02	TIR 25%	PP 8,28	sim	
26	Pot 660	Inc 39°	Inst 660	armaz. 0	VAL 764 983	ROI 2,84	TIR 23%	PP 8,8	sim	
27	Pot 700	Inc 39°	Inst 739,2	armaz. 0	VAL 760 130	ROI 2,68	TIR 21%	PP 9,33	sim	
28	Pot 770	Inc 39°	Inst 770	armaz. 0	VAL 736 729	ROI 2,52	TIR 18%	PP 9,92	sim	
29	Pot 800	Inc 39°	Inst 844,8	armaz. 0	VAL 727 054	ROI 2,41	TIR 17%	PP 10,37	sim	
30	Pot 880	Inc 39°	Inst 880	armaz. 0	VAL 697 164	ROI 2,26	TIR 15%	PP 11,06	sim	
31	Pot 180	Inc 34°	Inst 198	armaz. 0	VAL 458 741	ROI 4,77	TIR 58%	PP 5,24	sim	
32	Pot 200	Inc 34°	Inst 211,2	armaz. 0	VAL 484 376	ROI 4,76	TIR 58%	PP 5,25	sim	
33	Pot 240	Inc 34°	Inst 264	armaz. 0	VAL 580 992	ROI 4,58	TIR 54%	PP 5,46	sim	
34	Pot 300	Inc 34°	Inst 316,8	armaz. 0	VAL 667 677	ROI 4,45	TIR 51%	PP 5,62	sim	
35	Pot 330	Inc 34°	Inst 330	armaz. 0	VAL 679 846	ROI 4,27	TIR 47%	PP 5,85	sim	
36	Pot 400	Inc 34°	Inst 422,4	armaz. 0	VAL 766 145	ROI 3,97	TIR 41%	PP 6,3	sim	
37	Pot 440	Inc 34°	Inst 440	armaz. 0	VAL 765 530	ROI 3,76	TIR 37%	PP 6,65	sim	
38	Pot 500	Inc 34°	Inst 528	armaz. 0	VAL 791 833	ROI 3,46	TIR 32%	PP 7,23	sim	
39	Pot 550	Inc 34°	Inst 550	armaz. 0	VAL 781 893	ROI 3,26	TIR 29%	PP 7,67	sim	
40	Pot 600	Inc 34°	Inst 633,6	armaz. 0	VAL 785 335	ROI 3,03	TIR 26%	PP 8,25	sim	
41	Pot 660	Inc 34°	Inst 660	armaz. 0	VAL 768 393	ROI 2,85	TIR 23%	PP 8,77	sim	
42	Pot 700	Inc 34°	Inst 739,2	armaz. 0	VAL 764 113	ROI 2,69	TIR 21%	PP 9,29	sim	
43	Pot 770	Inc 34°	Inst 770	armaz. 0	VAL 740 780	ROI 2,53	TIR 18%	PP 9,88	sim	
44	Pot 800	Inc 34°	Inst 844,8	armaz. 0	VAL 730 877	ROI 2,42	TIR 17%	PP 10,33	sim	
45	Pot 880	Inc 34°	Inst 880	armaz. 0	VAL 700 717	ROI 2,26	TIR 15%	PP 11,06	sim	

Listagem das soluções com maior Eficiência										
Exemplo										
"Nº solução"	"Pot a instalar [kW]"	"Inclinação"	"Pot a Instalar [kWp]"	"armazenamento"	"VAL"	"ROI"	"TIR"	"Pay-Back"	"Área Disponível Vs Área Necessária"	
Soluções										
46	Pot 180	Inc 29°	Inst 198	armaz. 0	VAL 458 369	ROI 4,77	TIR 58%	PP 5,24	sim	
47	Pot 200	Inc 29°	Inst 211,2	armaz. 0	VAL 483 985	ROI 4,75	TIR 58%	PP 5,26	sim	
48	Pot 240	Inc 29°	Inst 264	armaz. 0	VAL 580 448	ROI 4,58	TIR 54%	PP 5,46	sim	
49	Pot 300	Inc 29°	Inst 316,8	armaz. 0	VAL 667 175	ROI 4,45	TIR 51%	PP 5,62	sim	
50	Pot 330	Inc 29°	Inst 330	armaz. 0	VAL 679 395	ROI 4,27	TIR 47%	PP 5,85	sim	
51	Pot 400	Inc 29°	Inst 422,4	armaz. 0	VAL 766 811	ROI 3,97	TIR 41%	PP 6,3	sim	
52	Pot 440	Inc 29°	Inst 440	armaz. 0	VAL 766 417	ROI 3,77	TIR 37%	PP 6,63	sim	
53	Pot 500	Inc 29°	Inst 528	armaz. 0	VAL 793 323	ROI 3,46	TIR 32%	PP 7,23	sim	
54	Pot 550	Inc 29°	Inst 550	armaz. 0	VAL 783 501	ROI 3,26	TIR 29%	PP 7,67	sim	
55	Pot 600	Inc 29°	Inst 633,6	armaz. 0	VAL 787 466	ROI 3,04	TIR 26%	PP 8,22	sim	
56	Pot 660	Inc 29°	Inst 660	armaz. 0	VAL 770 729	ROI 2,85	TIR 23%	PP 8,77	sim	
57	Pot 700	Inc 29°	Inst 739,2	armaz. 0	VAL 766 792	ROI 2,7	TIR 21%	PP 9,26	sim	
58	Pot 770	Inc 29°	Inst 770	armaz. 0	VAL 743 603	ROI 2,53	TIR 18%	PP 9,88	sim	
59	Pot 800	Inc 29°	Inst 844,8	armaz. 0	VAL 733 615	ROI 2,42	TIR 17%	PP 10,33	sim	
60	Pot 880	Inc 29°	Inst 880	armaz. 0	VAL 703 457	ROI 2,27	TIR 15%	PP 11,01	sim	
61	Pot 180	Inc 24°	Inst 198	armaz. 0	VAL 455 478	ROI 4,75	TIR 57%	PP 5,26	sim	
62	Pot 200	Inc 24°	Inst 211,2	armaz. 0	VAL 480 948	ROI 4,73	TIR 57%	PP 5,29	sim	
63	Pot 240	Inc 24°	Inst 264	armaz. 0	VAL 576 751	ROI 4,56	TIR 53%	PP 5,48	sim	
64	Pot 300	Inc 24°	Inst 316,8	armaz. 0	VAL 663 216	ROI 4,43	TIR 5%	PP 5,64	sim	
65	Pot 330	Inc 24°	Inst 330	armaz. 0	VAL 675 478	ROI 4,25	TIR 47%	PP 5,88	sim	
66	Pot 400	Inc 24°	Inst 422,4	armaz. 0	VAL 764 617	ROI 3,96	TIR 41%	PP 6,31	sim	
67	Pot 440	Inc 24°	Inst 440	armaz. 0	VAL 764 444	ROI 3,76	TIR 37%	PP 6,65	sim	
68	Pot 500	Inc 24°	Inst 528	armaz. 0	VAL 792 719	ROI 3,46	TIR 32%	PP 7,23	sim	
69	Pot 550	Inc 24°	Inst 550	armaz. 0	VAL 782 989	ROI 3,26	TIR 29%	PP 7,67	sim	
70	Pot 600	Inc 24°	Inst 633,6	armaz. 0	VAL 787 947	ROI 3,04	TIR 26%	PP 8,22	sim	
71	Pot 660	Inc 24°	Inst 660	armaz. 0	VAL 771 346	ROI 2,86	TIR 23%	PP 8,74	sim	
72	Pot 700	Inc 24°	Inst 739,2	armaz. 0	VAL 767 580	ROI 2,7	TIR 21%	PP 9,26	sim	
73	Pot 770	Inc 24°	Inst 770	armaz. 0	VAL 744 452	ROI 2,54	TIR 18%	PP 9,84	sim	
74	Pot 800	Inc 24°	Inst 844,8	armaz. 0	VAL 734 687	ROI 2,42	TIR 17%	PP 10,33	sim	
75	Pot 880	Inc 24°	Inst 880	armaz. 0	VAL 704 834	ROI 2,27	TIR 15%	PP 11,01	sim	
76	Pot 180	Inc 0°	Inst 198	armaz. 0	VAL 408 925	ROI 4,36	TIR 49%	PP 5,73	sim	
77	Pot 200	Inc 0°	Inst 211,2	armaz. 0	VAL 432 012	ROI 4,35	TIR 49%	PP 5,75	sim	
78	Pot 240	Inc 0°	Inst 264	armaz. 0	VAL 518 078	ROI 4,2	TIR 46%	PP 5,95	sim	
79	Pot 300	Inc 0°	Inst 316,8	armaz. 0	VAL 597 953	ROI 4,09	TIR 44%	PP 6,11	sim	
80	Pot 330	Inc 0°	Inst 330	armaz. 0	VAL 609 809	ROI 3,93	TIR 41%	PP 6,36	sim	
81	Pot 400	Inc 0°	Inst 422,4	armaz. 0	VAL 711 250	ROI 3,76	TIR 37%	PP 6,65	sim	
82	Pot 440	Inc 0°	Inst 440	armaz. 0	VAL 714 013	ROI 3,58	TIR 34%	PP 6,98	sim	
83	Pot 500	Inc 0°	Inst 528	armaz. 0	VAL 754 713	ROI 3,34	TIR 3%	PP 7,49	sim	
84	Pot 550	Inc 0°	Inst 550	armaz. 0	VAL 747 666	ROI 3,16	TIR 27%	PP 7,91	sim	
85	Pot 600	Inc 0°	Inst 633,6	armaz. 0	VAL 761 715	ROI 2,97	TIR 25%	PP 8,42	sim	
86	Pot 660	Inc 0°	Inst 660	armaz. 0	VAL 747 441	ROI 2,8	TIR 22%	PP 8,93	sim	
87	Pot 700	Inc 0°	Inst 739,2	armaz. 0	VAL 748 453	ROI 2,66	TIR 2%	PP 9,4	sim	
88	Pot 770	Inc 0°	Inst 770	armaz. 0	VAL 726 640	ROI 2,5	TIR 18%	PP 10	sim	
89	Pot 800	Inc 0°	Inst 844,8	armaz. 0	VAL 720 535	ROI 2,4	TIR 17%	PP 10,42	sim	
90	Pot 880	Inc 0°	Inst 880	armaz. 0	VAL 692 612	ROI 2,25	TIR 15%	PP 11,11	sim	

Listagem das soluções com maior Eficiência												
Características da Solução							Dados económicos					
Solução	Armazenamento?	Inclinação	Potência a instalar [kW]	Potência a instalar [kWp]	Baterias Potência/ Capacidade	Verificação da Área	CashFlow [€]	Investimento inicial [€]	VAL	ROI	TIR	Payback
1	Não	ot	180,00	198,00	-	sim	54 074,34	121 596,17	455 635,27	4,75	57%	5,26
2	Não	ot	200,00	211,20	-	sim	57 150,89	128 949,10	481 123,86	4,73	57%	5,29
3	Não	ot	240,00	264,00	-	sim	69 248,02	162 128,23	577 078,91	4,56	53%	5,48
4	Não	ot	300,00	316,80	-	sim	80 238,14	193 423,65	663 100,56	4,43	5%	5,64
5	Não	ot	330,00	330,00	-	sim	82 720,16	207 835,95	675 183,24	4,25	47%	5,88
6	Não	ot	400,00	422,40	-	sim	95 605,91	257 898,20	762 673,54	3,96	41%	6,31
7	Não	ot	440,00	440,00	-	sim	97 360,90	277 114,60	762 191,25	3,75	37%	6,67
8	Não	ot	500,00	528,00	-	sim	104 261,22	322 372,75	790 592,39	3,45	32%	7,25
9	Não	ot	550,00	550,00	-	sim	105 588,12	346 393,25	780 736,34	3,25	29%	7,69
10	Não	ot	600,00	633,60	-	sim	109 704,47	386 847,30	784 223,36	3,03	25%	8,25
11	Não	ot	660,00	660,00	-	sim	110 819,95	415 671,90	767 306,28	2,85	23%	8,77
12	Não	ot	700,00	739,20	-	sim	113 784,74	451 321,85	763 304,75	2,69	21%	9,29
13	Não	ot	770,00	770,00	-	sim	114 775,90	484 950,55	740 256,51	2,53	18%	9,88
14	Não	ot	800,00	844,80	-	sim	116 762,80	515 796,40	730 620,31	2,42	17%	10,33
15	Não	ot	880,00	880,00	-	sim	117 548,92	554 229,20	700 579,17	2,26	15%	11,06
16	Não	39	180,00	198,00	-	sim	54 189,95	121 596,17	456 869,46	4,76	58%	5,25
17	Não	39	200,00	211,20	-	sim	57 273,95	128 949,10	482 437,45	4,74	57%	5,27
18	Não	39	240,00	264,00	-	sim	69 406,36	162 128,23	578 769,08	4,57	53%	5,47
19	Não	39	300,00	316,80	-	sim	80 428,89	193 423,65	665 136,72	4,44	51%	5,63
20	Não	39	330,00	330,00	-	sim	82 912,28	207 835,95	677 234,05	4,26	47%	5,87
21	Não	39	400,00	422,40	-	sim	95 654,38	257 898,20	763 190,88	3,96	41%	6,31
22	Não	39	440,00	440,00	-	sim	97 389,20	277 114,60	762 493,32	3,75	37%	6,67
23	Não	39	500,00	528,00	-	sim	104 079,59	322 372,75	788 653,60	3,45	32%	7,25
24	Não	39	550,00	550,00	-	sim	105 395,17	346 393,25	778 676,61	3,25	29%	7,69
25	Não	39	600,00	633,60	-	sim	109 506,34	386 847,30	782 108,40	3,02	25%	8,28
26	Não	39	660,00	660,00	-	sim	110 602,29	415 671,90	764 982,75	2,84	23%	8,80
27	Não	39	700,00	739,20	-	sim	113 487,30	451 321,85	760 129,66	2,68	21%	9,33
28	Não	39	770,00	770,00	-	sim	114 445,48	484 950,55	736 729,35	2,52	18%	9,92
29	Não	39	800,00	844,80	-	sim	116 428,69	515 796,40	727 053,84	2,41	17%	10,37
30	Não	39	880,00	880,00	-	sim	117 229,01	554 229,20	697 164,21	2,26	15%	11,06
31	Não	34	180,00	198,00	-	sim	54 365,25	121 596,17	458 740,73	4,77	58%	5,24
32	Não	34	200,00	211,20	-	sim	57 455,57	128 949,10	484 376,21	4,76	58%	5,25
33	Não	34	240,00	264,00	-	sim	69 614,56	162 128,23	580 991,66	4,58	54%	5,46
34	Não	34	300,00	316,80	-	sim	80 666,86	193 423,65	667 677,01	4,45	51%	5,62
35	Não	34	330,00	330,00	-	sim	83 156,92	207 835,95	679 845,52	4,27	47%	5,85
36	Não	34	400,00	422,40	-	sim	95 931,10	257 898,20	766 144,79	3,97	41%	6,30
37	Não	34	440,00	440,00	-	sim	97 673,65	277 114,60	765 529,73	3,76	37%	6,65
38	Não	34	500,00	528,00	-	sim	104 377,46	322 372,75	791 833,28	3,46	32%	7,23
39	Não	34	550,00	550,00	-	sim	105 696,44	346 393,25	781 892,63	3,26	29%	7,67
40	Não	34	600,00	633,60	-	sim	109 808,61	386 847,30	785 335,00	3,03	26%	8,25
41	Não	34	660,00	660,00	-	sim	110 921,71	415 671,90	768 392,57	2,85	23%	8,77
42	Não	34	700,00	739,20	-	sim	113 860,50	451 321,85	764 113,45	2,69	21%	9,29
43	Não	34	770,00	770,00	-	sim	114 824,97	484 950,55	740 780,28	2,53	18%	9,88
44	Não	34	800,00	844,80	-	sim	116 786,87	515 796,40	730 877,31	2,42	17%	10,33
45	Não	34	880,00	880,00	-	sim	117 561,79	554 229,20	700 716,65	2,26	15%	11,06

Listagem das soluções com maior Eficiência												
Características da Solução							Dados económicos					
Solução	Armazenamento?	Inclinação	Potência a instalar [kW]	Potência a instalar [kWp]	Baterias Potência/ Capacidade	Verificação da Área	CashFlow [€]	Investimento inicial [€]	VAL	ROI	TIR	Payback
46	Não	29	180,00	198,00	-	sim	54 330,39	121 596,17	458 368,56	4,77	58%	5,24
47	Não	29	200,00	211,20	-	sim	57 418,93	128 949,10	483 985,14	4,75	58%	5,26
48	Não	29	240,00	264,00	-	sim	69 563,62	162 128,23	580 447,79	4,58	54%	5,46
49	Não	29	300,00	316,80	-	sim	80 619,81	193 423,65	667 174,83	4,45	51%	5,62
50	Não	29	330,00	330,00	-	sim	83 114,74	207 835,95	679 395,30	4,27	47%	5,85
51	Não	29	400,00	422,40	-	sim	95 993,55	257 898,20	766 811,43	3,97	41%	6,30
52	Não	29	440,00	440,00	-	sim	97 756,73	277 114,60	766 416,59	3,77	37%	6,63
53	Não	29	500,00	528,00	-	sim	104 517,04	322 372,75	793 323,31	3,46	32%	7,23
54	Não	29	550,00	550,00	-	sim	105 847,12	346 393,25	783 501,06	3,26	29%	7,67
55	Não	29	600,00	633,60	-	sim	110 008,24	386 847,30	787 466,02	3,04	26%	8,22
56	Não	29	660,00	660,00	-	sim	111 140,58	415 671,90	770 728,95	2,85	23%	8,77
57	Não	29	700,00	739,20	-	sim	114 111,42	451 321,85	766 792,05	2,70	21%	9,26
58	Não	29	770,00	770,00	-	sim	115 089,43	484 950,55	743 603,31	2,53	18%	9,88
59	Não	29	800,00	844,80	-	sim	117 043,33	515 796,40	733 614,92	2,42	17%	10,33
60	Não	29	880,00	880,00	-	sim	117 818,46	554 229,20	703 456,51	2,27	15%	11,01
61	Não	24	180,00	198,00	-	sim	54 059,56	121 596,17	455 477,50	4,75	57%	5,26
62	Não	24	200,00	211,20	-	sim	57 134,45	128 949,10	480 948,39	4,73	57%	5,29
63	Não	24	240,00	264,00	-	sim	69 217,32	162 128,23	576 751,16	4,56	53%	5,48
64	Não	24	300,00	316,80	-	sim	80 248,94	193 423,65	663 215,83	4,43	5%	5,64
65	Não	24	330,00	330,00	-	sim	82 747,82	207 835,95	675 478,47	4,25	47%	5,88
66	Não	24	400,00	422,40	-	sim	95 788,00	257 898,20	764 617,26	3,96	41%	6,31
67	Não	24	440,00	440,00	-	sim	97 571,90	277 114,60	764 443,65	3,76	37%	6,65
68	Não	24	500,00	528,00	-	sim	104 460,45	322 372,75	792 719,18	3,46	32%	7,23
69	Não	24	550,00	550,00	-	sim	105 799,15	346 393,25	782 989,03	3,26	29%	7,67
70	Não	24	600,00	633,60	-	sim	110 053,25	386 847,30	787 946,50	3,04	26%	8,22
71	Não	24	660,00	660,00	-	sim	111 198,41	415 671,90	771 346,19	2,86	23%	8,74
72	Não	24	700,00	739,20	-	sim	114 185,28	451 321,85	767 580,46	2,70	21%	9,26
73	Não	24	770,00	770,00	-	sim	115 168,90	484 950,55	744 451,64	2,54	18%	9,84
74	Não	24	800,00	844,80	-	sim	117 143,79	515 796,40	734 687,38	2,42	17%	10,33
75	Não	24	880,00	880,00	-	sim	117 947,50	554 229,20	704 833,96	2,27	15%	11,01
76	Não	0	180,00	198,00	-	sim	49 698,59	121 596,17	408 925,15	4,36	49%	5,73
77	Não	0	200,00	211,20	-	sim	52 550,16	128 949,10	432 012,10	4,35	49%	5,75
78	Não	0	240,00	264,00	-	sim	63 720,91	162 128,23	518 078,24	4,20	46%	5,95
79	Não	0	300,00	316,80	-	sim	74 135,18	193 423,65	597 952,76	4,09	44%	6,11
80	Não	0	330,00	330,00	-	sim	76 595,93	207 835,95	609 808,51	3,93	41%	6,36
81	Não	0	400,00	422,40	-	sim	90 788,65	257 898,20	711 250,37	3,76	37%	6,65
82	Não	0	440,00	440,00	-	sim	92 847,65	277 114,60	714 013,29	3,58	34%	6,98
83	Não	0	500,00	528,00	-	sim	100 900,10	322 372,75	754 713,27	3,34	3%	7,49
84	Não	0	550,00	550,00	-	sim	102 490,17	346 393,25	747 666,43	3,16	27%	7,91
85	Não	0	600,00	633,60	-	sim	107 595,91	386 847,30	761 714,99	2,97	25%	8,42
86	Não	0	660,00	660,00	-	sim	108 959,01	415 671,90	747 441,10	2,80	22%	8,93
87	Não	0	700,00	739,20	-	sim	112 393,45	451 321,85	748 453,09	2,66	2%	9,40
88	Não	0	770,00	770,00	-	sim	113 500,29	484 950,55	726 639,65	2,50	18%	10,00
89	Não	0	800,00	844,80	-	sim	115 817,99	515 796,40	720 534,67	2,40	17%	10,42
90	Não	0	880,00	880,00	-	sim	116 802,54	554 229,20	692 611,81	2,25	15%	11,11

Listagem das soluções com menor custo inicial															
Solução	Inversor					Painéis Fotovoltaicos					Baterias				
	Inversor Potência/ Capacidade	Inversor Marca	Inversor Modelo	Inversor Quantidade	Inversor Custo total [€]	Painéis Fotovoltaicos Potência/ Capacidade	Painéis Fotovoltaicos Marca	Painéis Fotovoltaicos Modelo	Painéis Fotovoltaicos Quantidade	Painéis Fotovoltaicos Custo total [€]	Baterias Marca	Baterias Modelo	Baterias Custo Total [€]	Indisponibilidade da Bateria Horas [h]	Indisponibilidade da Bateria [%]
1	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	3	14 793,21	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	360	72 061,20	-	-	-	-	-
2	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	2	15 241,22	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	384	76 865,28	-	-	-	-	-
3	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	4	19 724,28	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	480	96 081,60	-	-	-	-	-
4	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	3	22 861,83	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	576	115 297,92	-	-	-	-	-
5	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	3	28 352,25	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	600	120 102,00	-	-	-	-	-
6	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	4	30 482,44	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	768	153 730,56	-	-	-	-	-
7	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	4	37 803,00	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	800	160 136,00	-	-	-	-	-
8	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	5	38 103,05	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	960	192 163,20	-	-	-	-	-
9	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	5	47 253,75	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1000	200 170,00	-	-	-	-	-
10	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	6	45 723,66	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1152	230 595,84	-	-	-	-	-
11	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	6	56 704,50	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1200	240 204,00	-	-	-	-	-
12	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	7	53 344,27	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1344	269 028,48	-	-	-	-	-
13	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	7	66 155,25	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1400	280 238,00	-	-	-	-	-
14	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	8	60 964,88	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1536	307 461,12	-	-	-	-	-
15	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	8	75 606,00	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1600	320 272,00	-	-	-	-	-
16	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	3	14 793,21	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	360	72 061,20	-	-	-	-	-
17	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	2	15 241,22	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	384	76 865,28	-	-	-	-	-
18	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	4	19 724,28	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	480	96 081,60	-	-	-	-	-
19	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	3	22 861,83	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	576	115 297,92	-	-	-	-	-
20	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	3	28 352,25	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	600	120 102,00	-	-	-	-	-
21	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	4	30 482,44	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	768	153 730,56	-	-	-	-	-
22	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	4	37 803,00	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	800	160 136,00	-	-	-	-	-
23	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	5	38 103,05	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	960	192 163,20	-	-	-	-	-
24	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	5	47 253,75	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1000	200 170,00	-	-	-	-	-
25	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	6	45 723,66	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1152	230 595,84	-	-	-	-	-
26	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	6	56 704,50	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1200	240 204,00	-	-	-	-	-
27	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	7	53 344,27	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1344	269 028,48	-	-	-	-	-
28	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	7	66 155,25	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1400	280 238,00	-	-	-	-	-
29	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	8	60 964,88	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1536	307 461,12	-	-	-	-	-
30	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	8	75 606,00	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1600	320 272,00	-	-	-	-	-
31	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	3	14 793,21	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	360	72 061,20	-	-	-	-	-
32	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	2	15 241,22	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	384	76 865,28	-	-	-	-	-
33	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	4	19 724,28	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	480	96 081,60	-	-	-	-	-
34	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	3	22 861,83	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	576	115 297,92	-	-	-	-	-
35	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	3	28 352,25	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	600	120 102,00	-	-	-	-	-
36	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	4	30 482,44	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	768	153 730,56	-	-	-	-	-
37	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	4	37 803,00	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	800	160 136,00	-	-	-	-	-
38	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	5	38 103,05	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	960	192 163,20	-	-	-	-	-
39	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	5	47 253,75	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1000	200 170,00	-	-	-	-	-
40	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	6	45 723,66	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1152	230 595,84	-	-	-	-	-
41	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	6	56 704,50	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1200	240 204,00	-	-	-	-	-
42	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	7	53 344,27	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1344	269 028,48	-	-	-	-	-
43	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	7	66 155,25	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1400	280 238,00	-	-	-	-	-
44	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	8	60 964,88	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1536	307 461,12	-	-	-	-	-
45	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	8	75 606,00	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1600	320 272,00	-	-	-	-	-



Listagem das soluções com menor custo inicial															
Solução	Inversor					Painéis Fotovoltaicos					Baterias				
	Inversor Potência/ Capacidade	Inversor Marca	Inversor Modelo	Inversor Quantidade	Inversor Custo total [€]	Painéis Fotovoltaicos Potência/ Capacidade	Painéis Fotovoltaicos Marca	Painéis Fotovoltaicos Modelo	Painéis Fotovoltaicos Quantidade	Painéis Fotovoltaicos Custo total [€]	Baterias Marca	Baterias Modelo	Baterias Custo Total [€]	Indisponibilidade da Bateria Horas [h]	Indisponibilidade da Bateria [%]
46	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	3	14 793,21	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	360	72 061,20	-	-	-	-	-
47	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	2	15 241,22	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	384	76 865,28	-	-	-	-	-
48	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	3	22 861,83	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	576	115 297,92	-	-	-	-	-
49	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	3	28 352,25	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	600	120 102,00	-	-	-	-	-
50	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	4	30 482,44	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	768	153 730,56	-	-	-	-	-
51	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	4	37 803,00	550 Wp	Phono Solar	552 WpTwinplus	800	160 136,00	-	-	-	-	-
52	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	5	38 103,05	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	960	192 163,20	-	-	-	-	-
53	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	5	47 253,75	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1000	200 170,00	-	-	-	-	-
54	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	6	45 723,66	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1152	230 595,84	-	-	-	-	-
55	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	6	56 704,50	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1200	240 204,00	-	-	-	-	-
56	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	7	53 344,27	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1344	269 028,48	-	-	-	-	-
57	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	7	66 155,25	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1400	280 238,00	-	-	-	-	-
58	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	8	60 964,88	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1536	307 461,12	-	-	-	-	-
59	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	8	75 606,00	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1600	320 272,00	-	-	-	-	-
60	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	3	14 793,21	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	360	72 061,20	-	-	-	-	-
61	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	2	15 241,22	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	384	76 865,28	-	-	-	-	-
62	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	4	19 724,28	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	480	96 081,60	-	-	-	-	-
63	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	3	22 861,83	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	576	115 297,92	-	-	-	-	-
64	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	3	28 352,25	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	600	120 102,00	-	-	-	-	-
65	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	4	30 482,44	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	768	153 730,56	-	-	-	-	-
66	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	4	37 803,00	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	800	160 136,00	-	-	-	-	-
67	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	5	38 103,05	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	960	192 163,20	-	-	-	-	-
68	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	5	47 253,75	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1000	200 170,00	-	-	-	-	-
69	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	6	45 723,66	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1152	230 595,84	-	-	-	-	-
70	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	6	56 704,50	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1200	240 204,00	-	-	-	-	-
71	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	7	53 344,27	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1344	269 028,48	-	-	-	-	-
72	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	7	66 155,25	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1400	280 238,00	-	-	-	-	-
73	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	8	60 964,88	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1536	307 461,12	-	-	-	-	-
74	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	8	75 606,00	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1600	320 272,00	-	-	-	-	-
75	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	3	14 793,21	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	360	72 061,20	-	-	-	-	-
76	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	2	15 241,22	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	384	76 865,28	-	-	-	-	-
77	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	4	19 724,28	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	480	96 081,60	-	-	-	-	-
78	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	3	22 861,83	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	576	115 297,92	-	-	-	-	-
79	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	3	28 352,25	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	600	120 102,00	-	-	-	-	-
80	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	4	30 482,44	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	768	153 730,56	-	-	-	-	-
81	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	4	37 803,00	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	800	160 136,00	-	-	-	-	-
82	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	5	38 103,05	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	960	192 163,20	-	-	-	-	-
83	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	5	47 253,75	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1000	200 170,00	-	-	-	-	-
84	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	6	45 723,66	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1152	230 595,84	-	-	-	-	-
85	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	6	56 704,50	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1200	240 204,00	-	-	-	-	-
86	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	7	53 344,27	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1344	269 028,48	-	-	-	-	-
87	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	7	66 155,25	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1400	280 238,00	-	-	-	-	-
88	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	8	60 964,88	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1536	307 461,12	-	-	-	-	-
89	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	8	75 606,00	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1600	320 272,00	-	-	-	-	-
90	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	8,00	75 606,00	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	1600	320 272,00	-	-	-	-	-

Listagem das soluções com menor custo inicial											
Solução	Energia produzida Energia [kWh]	Energia produzida Poupança - fatura [€]	Energia produzida desperdiçada [kWh]	Energia produzida desperdiçada [€]	Energia Comprada à Rede com produção Energia [kWh]	Energia Comprada à Rede com produção [€]	Energia consumida totalmente pela rede - sem produção: Energia [kWh]	Energia consumida totalmente pela rede - sem produção: [€]	Poupança Energética [kWh]	Poupança Energética [€]	Poupança Energética [%]
1	391 969,58										23,13%
2	417 676,41										24,44%
3	522 626,10										29,62%
4	626 514,62										34,32%
5	652 619,39										35,38%
6	835 352,83										40,89%
7	870 159,19										41,64%
8	1 044 191,03										44,59%
9	1 087 698,99										45,16%
10	1 253 029,24										46,92%
11	1 305 238,79										47,40%
12	1 461 867,44										48,67%
13	1 522 778,59										49,09%
14	1 670 705,65										49,94%
15	1 740 318,39										50,28%
16	389 814,64										23,18%
17	415 380,15										24,50%
18	519 752,86										29,69%
19	623 070,23										34,40%
20	649 031,49										35,46%
21	830 760,31										40,91%
22	865 375,32										41,66%
23	1 038 450,38										44,52%
24	1 081 719,15										45,08%
25	1 246 140,46										46,84%
26	1 298 062,98										47,31%
27	1 453 830,54										48,54%
28	1 514 406,81										48,95%
29	1 661 520,61										49,80%
30	1 730 750,64										50,14%
31	391 827,82										23,25%
32	417 525,36										24,57%
33	522 437,09										29,78%
34	626 288,04										34,50%
35	652 383,38										35,57%
36	835 050,72										41,03%
37	869 844,50										41,78%
38	1 043 813,40										44,64%
39	1 087 305,63										45,21%
40	1 252 576,08										46,97%
41	1 304 766,75										47,44%
42	1 461 338,76										48,70%
43	1 522 227,88										49,11%
44	1 670 101,44										49,95%
45	1 739 689,00										50,28%

Listagem das soluções com menor custo inicial											
Solução	Energia produzida Energia [kWh]	Energia produzida Poupança - fatura [€]	Energia produzida desperdiçada [kWh]	Energia produzida desperdiçada [€]	Energia Comprada à Rede com produção Energia [kWh]	Energia Comprada à Rede com produção [€]	Energia consumida totalmente pela rede - sem produção: Energia [kWh]	Energia consumida totalmente pela rede - sem produção: [€]	Poupança Energética [kWh]	Poupança Energética [€]	Poupança Energética [%]
46	392 221,47										23,24%
47	417 944,83										24,56%
48	522 961,96										29,75%
49	626 917,24										34,48%
50	653 038,79										35,55%
51	835 889,66										41,06%
52	870 718,39										41,81%
53	1 044 862,07										44,70%
54	1 088 397,99										45,27%
55	1 253 834,49										47,05%
56	1 306 077,59										47,54%
57	1 462 806,90										48,81%
58	1 523 757,19										49,23%
59	1 671 779,31										50,06%
60	1 741 436,79										50,39%
61	390 696,71										23,12%
62	416 320,07										24,44%
63	520 928,95										29,61%
64	624 480,10										34,32%
65	650 500,11										35,39%
66	832 640,14										40,97%
67	867 333,47										41,73%
68	1 040 800,17										44,68%
69	1 084 166,84										45,25%
70	1 248 960,20										47,07%
71	1 301 000,21										47,56%
72	1 457 120,24										48,84%
73	1 517 833,58										49,26%
74	1 665 280,27										50,10%
75	1 734 666,95										50,45%
76	359 496,81										21,26%
77	383 073,96										22,48%
78	479 329,08										27,25%
79	574 610,94										31,71%
80	598 553,06										32,76%
81	766 147,92										38,83%
82	798 070,75										39,71%
83	957 684,90										43,16%
84	997 588,44										43,84%
85	1 149 221,88										46,02%
86	1 197 106,12										46,60%
87	1 340 758,86										48,07%
88	1 396 623,81										48,55%
89	1 532 295,84										49,54%
90	1 596 141,50										49,96%

**Listagem das soluções com menor custo inicial**

**Exemplo**

"Nº solução" \_ "Pot a instalar [kW]" \_ "Inclinação" \_ "Pot a Instalar [kWp]" \_ "armazenamento" \_ "VAL" \_ "ROI" \_ "TIR"

**Soluções**

91_Pot_180_Cons_Inc e azm ótimo_Inst_204,525_armaz._0_VAL_475 027_ROI_4,81_TIR_59%_PP_5,2_sim
92_Pot_200_Cons_Inc e azm ótimo_Inst_205,03_armaz._0_VAL_474 899_ROI_4,78_TIR_58%_PP_5,23_sim
93_Pot_240_Cons_Inc e azm ótimo_Inst_272,7_armaz._0_VAL_600 460_ROI_4,61_TIR_54%_PP_5,42_sim
94_Pot_300_Cons_Inc e azm ótimo_Inst_307,545_armaz._0_VAL_655 663_ROI_4,48_TIR_51%_PP_5,58_sim
95_Pot_330_Cons_Inc e azm ótimo_Inst_339,36_armaz._0_VAL_694 400_ROI_4,27_TIR_47%_PP_5,85_sim
96_Pot_400_Cons_Inc e azm ótimo_Inst_410,06_armaz._0_VAL_758 656_ROI_4,02_TIR_42%_PP_6,22_sim
97_Pot_440_Cons_Inc e azm ótimo_Inst_452,48_armaz._0_VAL_771 226_ROI_3,72_TIR_37%_PP_6,72_sim
98_Pot_500_Cons_Inc e azm ótimo_Inst_512,575_armaz._0_VAL_789 919_ROI_3,51_TIR_33%_PP_7,12_sim
99_Pot_550_Cons_Inc e azm ótimo_Inst_565,6_armaz._0_VAL_783 729_ROI_3,21_TIR_28%_PP_7,79_sim
100_Pot_600_Cons_Inc e azm ótimo_Inst_615,09_armaz._0_VAL_786 317_ROI_3,09_TIR_26%_PP_8,09_sim
101_Pot_660_Cons_Inc e azm ótimo_Inst_678,72_armaz._0_VAL_767 147_ROI_2,81_TIR_22%_PP_8,9_sim
102_Pot_700_Cons_Inc e azm ótimo_Inst_717,605_armaz._0_VAL_767 562_ROI_2,74_TIR_21%_PP_9,12_sim
103_Pot_770_Cons_Inc e azm ótimo_Inst_791,84_armaz._0_VAL_736 974_ROI_2,49_TIR_18%_PP_10,04_sim
104_Pot_800_Cons_Inc e azm ótimo_Inst_820,12_armaz._0_VAL_737 767_ROI_2,47_TIR_18%_PP_10,12_sim
105_Pot_880_Cons_Inc e azm ótimo_Inst_904,96_armaz._0_VAL_694 238_ROI_2,23_TIR_14%_PP_11,21_sim
106_Pot_180_Cons_Inc 39°_Inst_204,525_armaz._0_VAL_476 345_ROI_4,82_TIR_59%_PP_5,19_sim
107_Pot_200_Cons_Inc 39°_Inst_205,03_armaz._0_VAL_476 220_ROI_4,79_TIR_58%_PP_5,22_sim
108_Pot_240_Cons_Inc 39°_Inst_272,7_armaz._0_VAL_602 282_ROI_4,62_TIR_54%_PP_5,41_sim
109_Pot_300_Cons_Inc 39°_Inst_307,545_armaz._0_VAL_657 718_ROI_4,49_TIR_52%_PP_5,57_sim
110_Pot_330_Cons_Inc 39°_Inst_339,36_armaz._0_VAL_696 379_ROI_4,28_TIR_47%_PP_5,84_sim
111_Pot_400_Cons_Inc 39°_Inst_410,06_armaz._0_VAL_759 222_ROI_4,02_TIR_42%_PP_6,22_sim
112_Pot_440_Cons_Inc 39°_Inst_452,48_armaz._0_VAL_771 359_ROI_3,72_TIR_37%_PP_6,72_sim
113_Pot_500_Cons_Inc 39°_Inst_512,575_armaz._0_VAL_788 169_ROI_3,51_TIR_33%_PP_7,12_sim
114_Pot_550_Cons_Inc 39°_Inst_565,6_armaz._0_VAL_781 718_ROI_3,21_TIR_28%_PP_7,79_sim
115_Pot_600_Cons_Inc 39°_Inst_615,09_armaz._0_VAL_784 398_ROI_3,08_TIR_26%_PP_8,12_sim
116_Pot_660_Cons_Inc 39°_Inst_678,72_armaz._0_VAL_764 658_ROI_2,8_TIR_22%_PP_8,93_sim
117_Pot_700_Cons_Inc 39°_Inst_717,605_armaz._0_VAL_764 680_ROI_2,74_TIR_21%_PP_9,12_sim
118_Pot_770_Cons_Inc 39°_Inst_791,84_armaz._0_VAL_733 338_ROI_2,48_TIR_18%_PP_10,08_sim
119_Pot_800_Cons_Inc 39°_Inst_820,12_armaz._0_VAL_734 138_ROI_2,46_TIR_17%_PP_10,16_sim
120_Pot_880_Cons_Inc 39°_Inst_904,96_armaz._0_VAL_690 940_ROI_2,22_TIR_14%_PP_11,26_sim
121_Pot_180_Cons_Inc 34°_Inst_204,525_armaz._0_VAL_478 290_ROI_4,83_TIR_59%_PP_5,18_sim
122_Pot_200_Cons_Inc 34°_Inst_205,03_armaz._0_VAL_478 166_ROI_4,8_TIR_59%_PP_5,21_sim
123_Pot_240_Cons_Inc 34°_Inst_272,7_armaz._0_VAL_604 580_ROI_4,63_TIR_55%_PP_5,4_sim
124_Pot_300_Cons_Inc 34°_Inst_307,545_armaz._0_VAL_660 247_ROI_4,5_TIR_52%_PP_5,56_sim
125_Pot_330_Cons_Inc 34°_Inst_339,36_armaz._0_VAL_698 901_ROI_4,29_TIR_47%_PP_5,83_sim
126_Pot_400_Cons_Inc 34°_Inst_410,06_armaz._0_VAL_762 142_ROI_4,03_TIR_42%_PP_6,2_sim
127_Pot_440_Cons_Inc 34°_Inst_452,48_armaz._0_VAL_774 330_ROI_3,73_TIR_37%_PP_6,7_sim
128_Pot_500_Cons_Inc 34°_Inst_512,575_armaz._0_VAL_791 221_ROI_3,52_TIR_33%_PP_7,1_sim
129_Pot_550_Cons_Inc 34°_Inst_565,6_armaz._0_VAL_784 822_ROI_3,22_TIR_28%_PP_7,76_sim
130_Pot_600_Cons_Inc 34°_Inst_615,09_armaz._0_VAL_787 476_ROI_3,09_TIR_26%_PP_8,09_sim
131_Pot_660_Cons_Inc 34°_Inst_678,72_armaz._0_VAL_768 234_ROI_2,81_TIR_22%_PP_8,9_sim
132_Pot_700_Cons_Inc 34°_Inst_717,605_armaz._0_VAL_768 551_ROI_2,75_TIR_21%_PP_9,09_sim
133_Pot_770_Cons_Inc 34°_Inst_791,84_armaz._0_VAL_737 371_ROI_2,49_TIR_18%_PP_10,04_sim
134_Pot_800_Cons_Inc 34°_Inst_820,12_armaz._0_VAL_738 079_ROI_2,47_TIR_18%_PP_10,12_sim
135_Pot_880_Cons_Inc 34°_Inst_904,96_armaz._0_VAL_694 378_ROI_2,23_TIR_14%_PP_11,21_sim

**Listagem das soluções com menor custo inicial**

**Exemplo**

"Nº solução" \_ "Pot a instalar [kW]" \_ "Inclinação" \_ "Pot a Instalar [kWp]" \_ "armazenamento" \_ "VAL" \_ "ROI" \_ "TIR"

**Soluções**

136_Pot_180_Cons_Inc_29°_Inst_204,525_armaz._0_VAL_477_884_ROI_4,83_TIR_59%_PP_5,18_sim
137_Pot_200_Cons_Inc_29°_Inst_205,03_armaz._0_VAL_477_759_ROI_4,8_TIR_59%_PP_5,21_sim
138_Pot_240_Cons_Inc_29°_Inst_272,7_armaz._0_VAL_603_967_ROI_4,63_TIR_55%_PP_5,4_sim
139_Pot_300_Cons_Inc_29°_Inst_307,545_armaz._0_VAL_659_699_ROI_4,5_TIR_52%_PP_5,56_sim
140_Pot_330_Cons_Inc_29°_Inst_339,36_armaz._0_VAL_698_518_ROI_4,29_TIR_47%_PP_5,83_sim
141_Pot_400_Cons_Inc_29°_Inst_410,06_armaz._0_VAL_762_652_ROI_4,03_TIR_42%_PP_6,2_sim
142_Pot_440_Cons_Inc_29°_Inst_452,48_armaz._0_VAL_775_258_ROI_3,74_TIR_37%_PP_6,68_sim
143_Pot_500_Cons_Inc_29°_Inst_512,575_armaz._0_VAL_792_682_ROI_3,52_TIR_33%_PP_7,1_sim
144_Pot_550_Cons_Inc_29°_Inst_565,6_armaz._0_VAL_786_636_ROI_3,22_TIR_28%_PP_7,76_sim
145_Pot_600_Cons_Inc_29°_Inst_615,09_armaz._0_VAL_789_465_ROI_3,09_TIR_26%_PP_8,09_sim
146_Pot_660_Cons_Inc_29°_Inst_678,72_armaz._0_VAL_770_646_ROI_2,81_TIR_22%_PP_8,9_sim
147_Pot_700_Cons_Inc_29°_Inst_717,605_armaz._0_VAL_771_107_ROI_2,75_TIR_21%_PP_9,09_sim
148_Pot_770_Cons_Inc_29°_Inst_791,84_armaz._0_VAL_740_189_ROI_2,49_TIR_18%_PP_10,04_sim
149_Pot_800_Cons_Inc_29°_Inst_820,12_armaz._0_VAL_740_869_ROI_2,47_TIR_18%_PP_10,12_sim
150_Pot_880_Cons_Inc_29°_Inst_904,96_armaz._0_VAL_697_097_ROI_2,23_TIR_14%_PP_11,21_sim
151_Pot_180_Cons_Inc_24°_Inst_204,525_armaz._0_VAL_474_828_ROI_4,8_TIR_59%_PP_5,21_sim
152_Pot_200_Cons_Inc_24°_Inst_205,03_armaz._0_VAL_474_699_ROI_4,78_TIR_58%_PP_5,23_sim
153_Pot_240_Cons_Inc_24°_Inst_272,7_armaz._0_VAL_600_105_ROI_4,61_TIR_54%_PP_5,42_sim
154_Pot_300_Cons_Inc_24°_Inst_307,545_armaz._0_VAL_655_669_ROI_4,48_TIR_51%_PP_5,58_sim
155_Pot_330_Cons_Inc_24°_Inst_339,36_armaz._0_VAL_694_785_ROI_4,27_TIR_47%_PP_5,85_sim
156_Pot_400_Cons_Inc_24°_Inst_410,06_armaz._0_VAL_760_296_ROI_4,02_TIR_42%_PP_6,22_sim
157_Pot_440_Cons_Inc_24°_Inst_452,48_armaz._0_VAL_773_560_ROI_3,73_TIR_37%_PP_6,7_sim
158_Pot_500_Cons_Inc_24°_Inst_512,575_armaz._0_VAL_792_001_ROI_3,52_TIR_33%_PP_7,1_sim
159_Pot_550_Cons_Inc_24°_Inst_565,6_armaz._0_VAL_786_372_ROI_3,22_TIR_28%_PP_7,76_sim
160_Pot_600_Cons_Inc_24°_Inst_615,09_armaz._0_VAL_789_886_ROI_3,09_TIR_26%_PP_8,09_sim
161_Pot_660_Cons_Inc_24°_Inst_678,72_armaz._0_VAL_771_359_ROI_2,82_TIR_22%_PP_8,87_sim
162_Pot_700_Cons_Inc_24°_Inst_717,605_armaz._0_VAL_771_896_ROI_2,75_TIR_21%_PP_9,09_sim
163_Pot_770_Cons_Inc_24°_Inst_791,84_armaz._0_VAL_741_075_ROI_2,5_TIR_18%_PP_10_sim
164_Pot_800_Cons_Inc_24°_Inst_820,12_armaz._0_VAL_741_818_ROI_2,48_TIR_18%_PP_10,08_sim
165_Pot_880_Cons_Inc_24°_Inst_904,96_armaz._0_VAL_698_574_ROI_2,23_TIR_14%_PP_11,21_sim
166_Pot_180_Cons_Inc_0°_Inst_204,525_armaz._0_VAL_426_011_ROI_4,41_TIR_5%_PP_5,67_sim
167_Pot_200_Cons_Inc_0°_Inst_205,03_armaz._0_VAL_425_826_ROI_4,39_TIR_49%_PP_5,69_sim
168_Pot_240_Cons_Inc_0°_Inst_272,7_armaz._0_VAL_538_766_ROI_4,24_TIR_46%_PP_5,9_sim
169_Pot_300_Cons_Inc_0°_Inst_307,545_armaz._0_VAL_590_188_ROI_4,13_TIR_44%_PP_6,05_sim
170_Pot_330_Cons_Inc_0°_Inst_339,36_armaz._0_VAL_629_260_ROI_3,96_TIR_41%_PP_6,31_sim
171_Pot_400_Cons_Inc_0°_Inst_410,06_armaz._0_VAL_705_276_ROI_3,81_TIR_38%_PP_6,56_sim
172_Pot_440_Cons_Inc_0°_Inst_452,48_armaz._0_VAL_725_306_ROI_3,56_TIR_34%_PP_7,02_sim
173_Pot_500_Cons_Inc_0°_Inst_512,575_armaz._0_VAL_752_318_ROI_3,39_TIR_31%_PP_7,37_sim
174_Pot_550_Cons_Inc_0°_Inst_565,6_armaz._0_VAL_753_133_ROI_3,13_TIR_27%_PP_7,99_sim
175_Pot_600_Cons_Inc_0°_Inst_615,09_armaz._0_VAL_762_083_ROI_3,02_TIR_25%_PP_8,28_sim
176_Pot_660_Cons_Inc_0°_Inst_678,72_armaz._0_VAL_749_125_ROI_2,76_TIR_22%_PP_9,06_sim
177_Pot_700_Cons_Inc_0°_Inst_717,605_armaz._0_VAL_751_818_ROI_2,71_TIR_21%_PP_9,23_sim
178_Pot_770_Cons_Inc_0°_Inst_791,84_armaz._0_VAL_724_318_ROI_2,46_TIR_17%_PP_10,16_sim
179_Pot_800_Cons_Inc_0°_Inst_820,12_armaz._0_VAL_726_434_ROI_2,44_TIR_17%_PP_10,25_sim
180_Pot_880_Cons_Inc_0°_Inst_904,96_armaz._0_VAL_687_833_ROI_2,21_TIR_14%_PP_11,31_sim

Listagem das soluções com menor custo inicial												
Características da Solução						Dados económicos						
Solução	Armazenamento?	Inclinação	Potência a instalar [kW]	Potência a instalar [kWp]	Baterias Potência/ Capacidade	Verificação da Área	CashFlow [€]	Investimento Custos [€]	VAL	ROI	TIR	Payback
91	Não	ot	180,00	204,53	-	sim	56 191,58	124 806,02	475 026,54	4,81	0,59%	5,20
92	Não	ot	200,00	205,03	-	sim	56 262,43	125 690,26	474 898,63	4,78	0,58%	5,23
93	Não	ot	240,00	272,70	-	sim	71 839,27	166 408,03	600 460,07	4,61	0,54%	5,42
94	Não	ot	300,00	307,55	-	sim	79 083,46	188 535,40	655 662,88	4,48	0,51%	5,58
95	Não	ot	330,00	339,36	-	sim	84 949,26	212 414,62	694 399,71	4,27	0,47%	5,85
96	Não	ot	400,00	410,06	-	sim	94 618,99	251 380,53	758 656,00	4,02	0,42%	6,22
97	Não	ot	440,00	452,48	-	sim	98 779,15	283 219,50	771 225,79	3,72	0,37%	6,72
98	Não	ot	500,00	512,58	-	sim	103 434,88	314 225,66	789 918,52	3,51	0,33%	7,12
99	Não	ot	550,00	565,60	-	sim	106 583,33	354 024,37	783 728,86	3,21	0,28%	7,79
100	Não	ot	600,00	615,09	-	sim	108 984,72	377 070,79	786 316,74	3,09	0,26%	8,09
101	Não	ot	660,00	678,72	-	sim	111 662,84	424 829,24	767 146,62	2,81	0,22%	8,90
102	Não	ot	700,00	717,61	-	sim	113 115,03	439 915,92	767 561,75	2,74	0,21%	9,12
103	Não	ot	770,00	791,84	-	sim	115 469,23	495 634,12	736 974,02	2,49	0,18%	10,04
104	Não	ot	800,00	820,12	-	sim	116 211,19	502 761,06	737 767,35	2,47	0,18%	10,12
105	Não	ot	880,00	904,96	-	sim	118 098,66	566 438,99	694 237,80	2,23	0,14%	11,21
106	Não	39	180,00	204,53	-	sim	56 315,09	124 806,02	476 344,99	4,82	0,59%	5,19
107	Não	39	200,00	205,03	-	sim	56 386,23	125 690,26	476 220,17	4,79	0,58%	5,22
108	Não	39	240,00	272,70	-	sim	72 009,91	166 408,03	602 281,63	4,62	0,54%	5,41
109	Não	39	300,00	307,55	-	sim	79 275,97	188 535,40	657 717,84	4,49	0,52%	5,57
110	Não	39	330,00	339,36	-	sim	85 134,69	212 414,62	696 379,18	4,28	0,47%	5,84
111	Não	39	400,00	410,06	-	sim	94 671,97	251 380,53	759 221,56	4,02	0,42%	6,22
112	Não	39	440,00	452,48	-	sim	98 791,63	283 219,50	771 359,09	3,72	0,37%	6,72
113	Não	39	500,00	512,58	-	sim	103 270,96	314 225,66	788 168,71	3,51	0,33%	7,12
114	Não	39	550,00	565,60	-	sim	106 394,99	354 024,37	781 718,38	3,21	0,28%	7,79
115	Não	39	600,00	615,09	-	sim	108 805,02	377 070,79	784 398,40	3,08	0,26%	8,12
116	Não	39	660,00	678,72	-	sim	111 429,67	424 829,24	764 657,52	2,80	0,22%	8,93
117	Não	39	700,00	717,61	-	sim	112 845,06	439 915,92	764 679,89	2,74	0,21%	9,12
118	Não	39	770,00	791,84	-	sim	115 128,58	495 634,12	733 337,76	2,48	0,18%	10,08
119	Não	39	800,00	820,12	-	sim	115 871,18	502 761,06	734 137,83	2,46	0,17%	10,16
120	Não	39	880,00	904,96	-	sim	117 789,75	566 438,99	690 940,26	2,22	0,14%	11,26
121	Não	34	180,00	204,53	-	sim	56 497,27	124 806,02	478 289,71	4,83	0,59%	5,18
122	Não	34	200,00	205,03	-	sim	56 568,51	125 690,26	478 165,89	4,80	0,59%	5,21
123	Não	34	240,00	272,70	-	sim	72 225,18	166 408,03	604 579,56	4,63	0,55%	5,40
124	Não	34	300,00	307,55	-	sim	79 512,90	188 535,40	660 246,99	4,50	0,52%	5,56
125	Não	34	330,00	339,36	-	sim	85 370,90	212 414,62	698 900,61	4,29	0,47%	5,83
126	Não	34	400,00	410,06	-	sim	94 945,52	251 380,53	762 141,63	4,03	0,42%	6,20
127	Não	34	440,00	452,48	-	sim	99 069,97	283 219,50	774 330,29	3,73	0,37%	6,70
128	Não	34	500,00	512,58	-	sim	103 556,88	314 225,66	791 220,84	3,52	0,33%	7,10
129	Não	34	550,00	565,60	-	sim	106 685,74	354 024,37	784 822,00	3,22	0,28%	7,76
130	Não	34	600,00	615,09	-	sim	109 093,36	377 070,79	787 476,42	3,09	0,26%	8,09
131	Não	34	660,00	678,72	-	sim	111 764,69	424 829,24	768 233,78	2,81	0,22%	8,90
132	Não	34	700,00	717,61	-	sim	113 207,74	439 915,92	768 551,35	2,75	0,21%	9,09
133	Não	34	770,00	791,84	-	sim	115 506,41	495 634,12	737 370,99	2,49	0,18%	10,04
134	Não	34	800,00	820,12	-	sim	116 240,39	502 761,06	738 079,14	2,47	0,18%	10,12
135	Não	34	880,00	904,96	-	sim	118 111,81	566 438,99	694 378,10	2,23	0,14%	11,21

Listagem das soluções com menor custo inicial												
Características da Solução						Dados económicos						
Solução	Armazenamento?	Inclinação	Potência a instalar [kW]	Potência a instalar [kWp]	Baterias Potência/Capacidade	Verificação da Área	CashFlow [€]	Investimento Custos [€]	VAL	ROI	TIR	Payback
136	Não	29	180,00	204,53	-	sim	56 459,30	124 806,02	477 884,41	4,83	0,59%	5,18
137	Não	29	200,00	205,03	-	sim	56 530,40	125 690,26	477 759,09	4,80	0,59%	5,21
138	Não	29	240,00	272,70	-	sim	72 167,77	166 408,03	603 966,72	4,63	0,55%	5,40
139	Não	29	300,00	307,55	-	sim	79 461,60	188 535,40	659 699,35	4,50	0,52%	5,56
140	Não	29	330,00	339,36	-	sim	85 335,09	212 414,62	698 518,32	4,29	0,47%	5,83
141	Não	29	400,00	410,06	-	sim	94 993,35	251 380,53	762 652,24	4,03	0,42%	6,20
142	Não	29	440,00	452,48	-	sim	99 156,90	283 219,50	775 258,18	3,74	0,37%	6,68
143	Não	29	500,00	512,58	-	sim	103 693,76	314 225,66	792 682,04	3,52	0,33%	7,10
144	Não	29	550,00	565,60	-	sim	106 855,66	354 024,37	786 635,88	3,22	0,28%	7,76
145	Não	29	600,00	615,09	-	sim	109 279,68	377 070,79	789 465,33	3,09	0,26%	8,09
146	Não	29	660,00	678,72	-	sim	111 990,63	424 829,24	770 645,62	2,81	0,22%	8,90
147	Não	29	700,00	717,61	-	sim	113 447,19	439 915,92	771 107,40	2,75	0,21%	9,09
148	Não	29	770,00	791,84	-	sim	115 770,43	495 634,12	740 189,29	2,49	0,18%	10,04
149	Não	29	800,00	820,12	-	sim	116 501,74	502 761,06	740 868,92	2,47	0,18%	10,12
150	Não	29	880,00	904,96	-	sim	118 366,51	566 438,99	697 097,03	2,23	0,14%	11,21
151	Não	24	180,00	204,53	-	sim	56 173,00	124 806,02	474 828,22	4,80	0,59%	5,21
152	Não	24	200,00	205,03	-	sim	56 243,77	125 690,26	474 699,41	4,78	0,58%	5,23
153	Não	24	240,00	272,70	-	sim	71 806,01	166 408,03	600 105,06	4,61	0,54%	5,42
154	Não	24	300,00	307,55	-	sim	79 084,02	188 535,40	655 668,84	4,48	0,51%	5,58
155	Não	24	330,00	339,36	-	sim	84 985,39	212 414,62	694 785,38	4,27	0,47%	5,85
156	Não	24	400,00	410,06	-	sim	94 772,59	251 380,53	760 295,66	4,02	0,42%	6,22
157	Não	24	440,00	452,48	-	sim	98 997,81	283 219,50	773 559,99	3,73	0,37%	6,70
158	Não	24	500,00	512,58	-	sim	103 629,98	314 225,66	792 001,19	3,52	0,33%	7,10
159	Não	24	550,00	565,60	-	sim	106 830,96	354 024,37	786 372,20	3,22	0,28%	7,76
160	Não	24	600,00	615,09	-	sim	109 319,04	377 070,79	789 885,51	3,09	0,26%	8,09
161	Não	24	660,00	678,72	-	sim	112 057,41	424 829,24	771 358,55	2,82	0,22%	8,87
162	Não	24	700,00	717,61	-	sim	113 521,03	439 915,92	771 895,62	2,75	0,21%	9,09
163	Não	24	770,00	791,84	-	sim	115 853,39	495 634,12	741 074,92	2,50	0,18%	10,00
164	Não	24	800,00	820,12	-	sim	116 590,64	502 761,06	741 817,90	2,48	0,18%	10,08
165	Não	24	880,00	904,96	-	sim	118 504,90	566 438,99	698 574,26	2,23	0,14%	11,21
166	Não	0	180,00	204,53	-	sim	51 599,87	124 806,02	426 011,09	4,41	0,5%	5,67
167	Não	0	200,00	205,03	-	sim	51 665,37	125 690,26	425 825,98	4,39	0,49%	5,69
168	Não	0	240,00	272,70	-	sim	66 059,86	166 408,03	538 766,21	4,24	0,46%	5,90
169	Não	0	300,00	307,55	-	sim	72 949,83	188 535,40	590 187,67	4,13	0,44%	6,05
170	Não	0	330,00	339,36	-	sim	78 847,03	212 414,62	629 259,82	3,96	0,41%	6,31
171	Não	0	400,00	410,06	-	sim	89 618,43	251 380,53	705 276,11	3,81	0,38%	6,56
172	Não	0	440,00	452,48	-	sim	94 477,47	283 219,50	725 306,39	3,56	0,34%	7,02
173	Não	0	500,00	512,58	-	sim	99 912,55	314 225,66	752 318,40	3,39	0,31%	7,37
174	Não	0	550,00	565,60	-	sim	103 717,17	354 024,37	753 133,25	3,13	0,27%	7,99
175	Não	0	600,00	615,09	-	sim	106 714,54	377 070,79	762 083,08	3,02	0,25%	8,28
176	Não	0	660,00	678,72	-	sim	109 974,64	424 829,24	749 125,38	2,76	0,22%	9,06
177	Não	0	700,00	717,61	-	sim	111 640,20	439 915,92	751 818,20	2,71	0,21%	9,23
178	Não	0	770,00	791,84	-	sim	114 283,64	495 634,12	724 318,12	2,46	0,17%	10,16
179	Não	0	800,00	820,12	-	sim	115 149,52	502 761,06	726 434,30	2,44	0,17%	10,25
180	Não	0	880,00	904,96	-	sim	117 498,68	566 438,99	687 833,13	2,21	0,14%	11,31

Listagem das soluções com menor custo inicial															
Solução	Inversor					Painéis Fotovoltaicos					Baterias				
	Inversor Potência/ Capacidade	Inversor Marca	Inversor Modelo	Inversor Quantidade	Inversor Custo total [€]	Painéis Fotovoltaicos Potência/ Capacidade	Painéis Fotovoltaicos Marca	Painéis Fotovoltaicos Modelo	Painéis Fotovoltaicos Quantidade	Painéis Fotovoltaicos Custo total [€]	Baterias Marca	Baterias Modelo	Baterias Custo Total [€]	Indisponibilidade da Bateria Horas [h]	Indisponibilidade da Bateria [%]
91	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	3	14 793,21	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	405	74 353,95	-	-	-	-	-
92	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	2	15 241,22	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	406	74 537,54	-	-	-	-	-
93	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	4	19 724,28	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	540	99 138,60	-	-	-	-	-
94	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	3	22 861,83	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	609	111 806,31	-	-	-	-	-
95	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	3	28 352,25	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	672	123 372,48	-	-	-	-	-
96	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	4	30 482,44	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	812	149 075,08	-	-	-	-	-
97	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	4	37 803,00	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	896	164 496,64	-	-	-	-	-
98	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	5	38 103,05	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1015	186 343,85	-	-	-	-	-
99	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	5	47 253,75	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1120	205 620,80	-	-	-	-	-
100	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	6	45 723,66	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1218	223 612,62	-	-	-	-	-
101	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	6	56 704,50	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1344	246 744,96	-	-	-	-	-
102	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	7	53 344,27	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1421	260 881,39	-	-	-	-	-
103	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	7	66 155,25	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1568	287 869,12	-	-	-	-	-
104	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	8	60 964,88	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1624	298 150,16	-	-	-	-	-
105	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	8	75 606,00	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1792	328 993,28	-	-	-	-	-
106	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	3	14 793,21	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	405	74 353,95	-	-	-	-	-
107	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	2	15 241,22	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	406	74 537,54	-	-	-	-	-
108	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	4	19 724,28	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	540	99 138,60	-	-	-	-	-
109	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	3	22 861,83	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	609	111 806,31	-	-	-	-	-
110	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	3	28 352,25	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	672	123 372,48	-	-	-	-	-
111	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	4	30 482,44	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	812	149 075,08	-	-	-	-	-
112	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	4	37 803,00	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	896	164 496,64	-	-	-	-	-
113	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	5	38 103,05	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1015	186 343,85	-	-	-	-	-
114	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	5	47 253,75	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1120	205 620,80	-	-	-	-	-
115	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	6	45 723,66	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1218	223 612,62	-	-	-	-	-
116	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	6	56 704,50	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1344	246 744,96	-	-	-	-	-
117	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	7	53 344,27	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1421	260 881,39	-	-	-	-	-
118	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	7	66 155,25	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1568	287 869,12	-	-	-	-	-
119	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	8	60 964,88	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1624	298 150,16	-	-	-	-	-
120	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	8	75 606,00	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1792	328 993,28	-	-	-	-	-
121	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	3	14 793,21	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	405	74 353,95	-	-	-	-	-
122	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	2	15 241,22	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	406	74 537,54	-	-	-	-	-
123	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	4	19 724,28	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	540	99 138,60	-	-	-	-	-
124	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	3	22 861,83	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	609	111 806,31	-	-	-	-	-
125	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	3	28 352,25	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	672	123 372,48	-	-	-	-	-
126	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	4	30 482,44	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	812	149 075,08	-	-	-	-	-
127	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	4	37 803,00	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	896	164 496,64	-	-	-	-	-
128	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	5	38 103,05	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1015	186 343,85	-	-	-	-	-
129	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	5	47 253,75	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1120	205 620,80	-	-	-	-	-
130	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	6	45 723,66	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1218	223 612,62	-	-	-	-	-
131	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	6	56 704,50	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1344	246 744,96	-	-	-	-	-
132	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	7	53 344,27	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1421	260 881,39	-	-	-	-	-
133	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	7	66 155,25	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1568	287 869,12	-	-	-	-	-
134	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	8	60 964,88	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1624	298 150,16	-	-	-	-	-
135	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	8	75 606,00	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1792	328 993,28	-	-	-	-	-



Listagem das soluções com menor custo inicial															
Solução	Inversor					Painéis Fotovoltaicos					Baterias				
	Inversor Potência/ Capacidade	Inversor Marca	Inversor Modelo	Inversor Quantidade	Inversor Custo total [€]	Painéis Fotovoltaicos Potência/ Capacidade	Painéis Fotovoltaicos Marca	Painéis Fotovoltaicos Modelo	Painéis Fotovoltaicos Quantidade	Painéis Fotovoltaicos Custo total [€]	Baterias Marca	Baterias Modelo	Baterias Custo Total [€]	Indisponibilidade da Bateria Horas [h]	Indisponibilidade da Bateria [%]
136	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	3	14 793,21	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	405	74 353,95	-	-	-	-	-
137	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	2	15 241,22	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	406	74 537,54	-	-	-	-	-
138	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	4	19 724,28	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	540	99 138,60	-	-	-	-	-
139	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	3	22 861,83	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	609	111 806,31	-	-	-	-	-
140	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	3	28 352,25	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	672	123 372,48	-	-	-	-	-
141	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	4	30 482,44	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	812	149 075,08	-	-	-	-	-
142	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	4	37 803,00	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	896	164 496,64	-	-	-	-	-
143	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	5	38 103,05	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1015	186 343,85	-	-	-	-	-
144	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	5	47 253,75	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1120	205 620,80	-	-	-	-	-
145	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	6	45 723,66	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1218	223 612,62	-	-	-	-	-
146	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	6	56 704,50	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1344	246 744,96	-	-	-	-	-
147	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	7	53 344,27	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1421	260 881,39	-	-	-	-	-
148	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	7	66 155,25	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1568	287 869,12	-	-	-	-	-
149	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	8	60 964,88	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1624	298 150,16	-	-	-	-	-
150	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	8	75 606,00	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1792	328 993,28	-	-	-	-	-
151	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	3	14 793,21	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	405	74 353,95	-	-	-	-	-
152	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	2	15 241,22	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	406	74 537,54	-	-	-	-	-
153	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	4	19 724,28	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	540	99 138,60	-	-	-	-	-
154	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	3	22 861,83	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	609	111 806,31	-	-	-	-	-
155	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	3	28 352,25	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	672	123 372,48	-	-	-	-	-
156	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	4	30 482,44	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	812	149 075,08	-	-	-	-	-
157	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	4	37 803,00	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	896	164 496,64	-	-	-	-	-
158	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	5	38 103,05	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1015	186 343,85	-	-	-	-	-
159	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	5	47 253,75	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1120	205 620,80	-	-	-	-	-
160	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	6	45 723,66	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1218	223 612,62	-	-	-	-	-
161	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	6	56 704,50	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1344	246 744,96	-	-	-	-	-
162	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	7	53 344,27	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1421	260 881,39	-	-	-	-	-
163	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	7	66 155,25	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1568	287 869,12	-	-	-	-	-
164	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	8	60 964,88	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1624	298 150,16	-	-	-	-	-
165	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	8	75 606,00	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1792	328 993,28	-	-	-	-	-
166	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	3	14 793,21	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	405	74 353,95	-	-	-	-	-
167	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	2	15 241,22	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	406	74 537,54	-	-	-	-	-
168	60 kW	Huawei	SUN2000-60KTL-M0	4	19 724,28	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	540	99 138,60	-	-	-	-	-
169	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	3	22 861,83	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	609	111 806,31	-	-	-	-	-
170	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	3	28 352,25	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	672	123 372,48	-	-	-	-	-
171	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	4	30 482,44	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	812	149 075,08	-	-	-	-	-
172	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	4	37 803,00	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	896	164 496,64	-	-	-	-	-
173	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	5	38 103,05	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1015	186 343,85	-	-	-	-	-
174	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	5	47 253,75	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1120	205 620,80	-	-	-	-	-
175	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	6	45 723,66	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1218	223 612,62	-	-	-	-	-
176	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	6	56 704,50	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1344	246 744,96	-	-	-	-	-
177	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	7	53 344,27	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1421	260 881,39	-	-	-	-	-
178	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	7	66 155,25	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1568	287 869,12	-	-	-	-	-
179	100 kW	Huawei	SUN2000-100KTL-M1	8	60 964,88	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1624	298 150,16	-	-	-	-	-
180	110 kW	SMA	SUNNY TRIPOWER CORE2	8	75 606,00	505 Wp	DMEGC	DM505M10-66HSW/-V	1792	328 993,28	-	-	-	-	-





**Listagem das soluções com capacidade de armazenamento****Exemplo**

"Nº solução" \_ "Pot a instalar [kW]" \_ "Inclinação" \_ "Pot a Instalar [kWp]" \_ "armazenamento" \_ "VAL" \_ "ROI" \_ "TIR

**Soluções**

1_Pot_500_Cons_Inc 29°_Inst_506_armaz._29,03_VAL_367 637_ROI_1,46_TIR_05%_PP_17,12_sim
2_Pot_500_Cons_Inc 29°_Inst_506_armaz._58,06_VAL_372 384_ROI_1,46_TIR_05%_PP_17,12_sim
3_Pot_500_Cons_Inc 29°_Inst_506_armaz._87,09_VAL_373 652_ROI_1,45_TIR_05%_PP_17,24_sim
4_Pot_500_Cons_Inc 29°_Inst_506_armaz._116,12_VAL_376 190_ROI_1,44_TIR_05%_PP_17,36_sim
5_Pot_500_Cons_Inc 29°_Inst_506_armaz._145,15_VAL_375 640_ROI_1,43_TIR_05%_PP_17,48_sim
6_Pot_500_Cons_Inc 29°_Inst_506_armaz._174,18_VAL_373 005_ROI_1,42_TIR_05%_PP_17,61_sim
7_Pot_500_Cons_Inc 29°_Inst_506_armaz._203,21_VAL_368 435_ROI_1,4_TIR_05%_PP_17,86_sim
8_Pot_400_Cons_Inc 29°_Inst_404,8_armaz._29,03_VAL_403 900_ROI_1,63_TIR_07%_PP_15,34_sim
9_Pot_400_Cons_Inc 29°_Inst_404,8_armaz._58,06_VAL_400 706_ROI_1,61_TIR_07%_PP_15,53_sim
10_Pot_400_Cons_Inc 29°_Inst_404,8_armaz._87,09_VAL_393 580_ROI_1,58_TIR_07%_PP_15,82_sim
11_Pot_400_Cons_Inc 29°_Inst_404,8_armaz._116,12_VAL_383 342_ROI_1,55_TIR_06%_PP_16,13_sim
12_Pot_400_Cons_Inc 29°_Inst_404,8_armaz._145,15_VAL_378 029_ROI_1,53_TIR_06%_PP_16,34_sim
13_Pot_400_Cons_Inc 29°_Inst_404,8_armaz._174,18_VAL_368 338_ROI_1,5_TIR_06%_PP_16,67_sim
14_Pot_400_Cons_Inc 29°_Inst_404,8_armaz._203,21_VAL_355 442_ROI_1,47_TIR_06%_PP_17,01_sim
15_Pot_300_Cons_Inc 29°_Inst_303,6_armaz._29,03_VAL_360 164_ROI_1,74_TIR_09%_PP_14,37_sim
16_Pot_300_Cons_Inc 29°_Inst_303,6_armaz._58,06_VAL_348 219_ROI_1,69_TIR_08%_PP_14,79_sim
17_Pot_300_Cons_Inc 29°_Inst_303,6_armaz._87,09_VAL_336 312_ROI_1,64_TIR_08%_PP_15,24_sim
18_Pot_300_Cons_Inc 29°_Inst_303,6_armaz._116,12_VAL_321 129_ROI_1,59_TIR_07%_PP_15,72_sim
19_Pot_300_Cons_Inc 29°_Inst_303,6_armaz._145,15_VAL_306 516_ROI_1,55_TIR_06%_PP_16,13_sim
20_Pot_300_Cons_Inc 29°_Inst_303,6_armaz._174,18_VAL_291 749_ROI_1,5_TIR_06%_PP_16,67_sim
21_Pot_300_Cons_Inc 29°_Inst_303,6_armaz._203,21_VAL_278 773_ROI_1,46_TIR_05%_PP_17,12_sim

**Listagem das soluções com capacidade de armazenamento e redução de custo dos equipamentos****Exemplo**

"Nº solução" \_ "Pot a instalar [kW]" \_ "Inclinação" \_ "Pot a Instalar [kWp]" \_ "armazenamento" \_ "VAL" \_ "ROI" \_ "TIR

**Soluções**

1_Pot_400_Cons_Inc 29°_Inst_404,8_armaz._29,03_VAL_512 154_ROI_1,96_TIR_11%%_PP_12,76_sim
2_Pot_400_Cons_Inc 29°_Inst_404,8_armaz._29,03_VAL_620 408_ROI_2,47_TIR_18%_PP_10,12_sim
3_Pot_400_Cons_Inc 29°_Inst_404,8_armaz._29,03_VAL_728 662_ROI_3,32_TIR_3%_PP_7,53_sim

Listagem das soluções com armazenamento												
Características da Solução						Dados económicos						
Solução	Armazenamento ?	Inclinação	Potência a instalar [kW]	Potência a instalar [kWp]	Baterias Potência/ Capacidade	Verificação da Área	CashFlow [€]	Investimento Custos [€]	VAL	ROI	TIR	Payback
1	Sim	29°	500	506,00	29,03	Sim	108 846,16	794 271,79	367 636,64	1,46	0,05	17,12
2	Sim	29°	500	506,00	58,06	Sim	111 096,23	813 543,13	372 384,24	1,46	0,05	17,12
3	Sim	29°	500	506,00	87,09	Sim	113 020,29	832 814,47	373 651,87	1,45	0,05	17,24
4	Sim	29°	500	506,00	116,12	Sim	115 063,41	852 085,81	376 190,32	1,44	0,05	17,36
5	Sim	29°	500	506,00	145,15	Sim	116 817,17	871 357,15	375 639,99	1,43	0,05	17,48
6	Sim	29°	500	506,00	174,18	Sim	118 375,62	890 628,49	373 004,76	1,42	0,05	17,61
7	Sim	29°	500	506,00	203,21	Sim	119 752,82	909 899,83	368 434,74	1,40	0,05	17,86
8	Sim	29°	400	404,80	29,03	Sim	97 723,02	639 271,70	403 899,63	1,63	0,07	15,34
9	Sim	29°	400	404,80	58,06	Sim	99 229,11	658 543,04	400 705,52	1,61	0,07	15,53
10	Sim	29°	400	404,80	87,09	Sim	100 366,93	677 814,38	393 580,09	1,58	0,07	15,82
11	Sim	29°	400	404,80	116,12	Sim	101 213,18	697 085,72	383 342,33	1,55	0,06	16,13
12	Sim	29°	400	404,80	145,15	Sim	102 520,76	716 357,06	378 029,13	1,53	0,06	16,34
13	Sim	29°	400	404,80	174,18	Sim	103 418,21	735 628,40	368 337,81	1,50	0,06	16,67
14	Sim	29°	400	404,80	203,21	Sim	104 015,45	754 899,74	355 441,88	1,47	0,06	17,01
15	Sim	29°	300	303,60	29,03	Sim	79 105,67	484 271,61	360 163,74	1,74	0,09	14,37
16	Sim	29°	300	303,60	58,06	Sim	79 792,00	503 542,95	348 218,83	1,69	0,08	14,79
17	Sim	29°	300	303,60	87,09	Sim	80 481,91	522 814,29	336 312,05	1,64	0,08	15,24
18	Sim	29°	300	303,60	116,12	Sim	80 864,89	542 085,63	321 128,99	1,59	0,07	15,72
19	Sim	29°	300	303,60	145,15	Sim	81 301,32	561 356,97	306 516,44	1,55	0,06	16,13
20	Sim	29°	300	303,60	174,18	Sim	81 723,25	580 628,31	291 749,06	1,50	0,06	16,67
21	Sim	29°	300	303,60	203,21	Sim	82 312,98	599 899,65	278 772,95	1,46	0,05	17,12

Listagem das soluções com redução nos equipamentos de armazenamento												
Características da Solução						Dados económicos						
Solução	Armazenamento ?	Inclinação	Potência a instalar [kW]	Potência a instalar [kWp]	Baterias Potência/ Capacidade	Verificação da Área	CashFlow [€]	Investimento Custos [€]	VAL	ROI	TIR	Payback
1	Sim	29°	400	404,80	29,03	Sim	97 723,02	531 017,57	512 153,76	1,96	0,11	12,76
2	Sim	29°	400	404,80	29,03	Sim	97 723,02	422 763,43	620 407,90	2,47	0,18	10,12
3	Sim	29°	400	404,80	29,03	Sim	97 723,02	314 509,30	728 662,03	3,32	0,30	7,53

Listagem das soluções com armazenamento															
	Inversor					Painéis Fotovoltaicos					Baterias				
Solução	Inversor Potência/Capacidade	Inversor Marca	Inversor Modelo	Inversor Quantidade	Inversor Custo total [€]	Painéis Fotovoltaicos Potência/Capacidade	Painéis Fotovoltaicos Marca	Painéis Fotovoltaicos Modelo	Painéis Fotovoltaicos Quantidade	Painéis Fotovoltaicos Custo total [€]	Baterias Marca	Baterias Modelo	Baterias Custo Total [€]	Indisponibilidade da Bateria Horas [h]	Indisponibilidade da Bateria [%]
1	100 kW	Growcol	MPS0100	5,00	369 415,35	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	920,00	184 156,40	Fox ESS	Energy Cube	19 271,34	6 376,00	72
2	100 kW	Growcol	MPS0100	5,00	369 415,35	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	920,00	184 156,40	Fox ESS	Energy Cube	38 542,68	6 273,00	71
3	100 kW	Growcol	MPS0100	5,00	369 415,35	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	920,00	184 156,40	Fox ESS	Energy Cube	57 814,02	6 160,00	70
4	100 kW	Growcol	MPS0100	5,00	369 415,35	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	920,00	184 156,40	Fox ESS	Energy Cube	77 085,36	6 080,00	69
5	100 kW	Growcol	MPS0100	5,00	369 415,35	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	920,00	184 156,40	Fox ESS	Energy Cube	96 356,70	5 999,00	68
6	100 kW	Growcol	MPS0100	5,00	369 415,35	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	920,00	184 156,40	Fox ESS	Energy Cube	115 628,04	5 917,00	67
7	100 kW	Growcol	MPS0100	5,00	369 415,35	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	920,00	184 156,40	Fox ESS	Energy Cube	134 899,38	5 846,00	66
8	100 kW	Growcol	MPS0100	4,00	295 532,28	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	736,00	147 325,12	Fox ESS	Energy Cube	19 271,34	6 775,00	77
9	100 kW	Growcol	MPS0100	4,00	295 532,28	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	736,00	147 325,12	Fox ESS	Energy Cube	38 542,68	6 680,00	76
10	100 kW	Growcol	MPS0100	4,00	295 532,28	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	736,00	147 325,12	Fox ESS	Energy Cube	57 814,02	6 580,00	75
11	100 kW	Growcol	MPS0100	4,00	295 532,28	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	736,00	147 325,12	Fox ESS	Energy Cube	77 085,36	6 491,00	74
12	100 kW	Growcol	MPS0100	4,00	295 532,28	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	736,00	147 325,12	Fox ESS	Energy Cube	96 356,70	6 415,00	73
13	100 kW	Growcol	MPS0100	4,00	295 532,28	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	736,00	147 325,12	Fox ESS	Energy Cube	115 628,04	6 364,00	72
14	100 kW	Growcol	MPS0100	4,00	295 532,28	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	736,00	147 325,12	Fox ESS	Energy Cube	134 899,38	6 316,00	72
15	100 kW	Growcol	MPS0100	3,00	221 649,21	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	552,00	110 493,84	Fox ESS	Energy Cube	19 271,34	7 522,00	85
16	100 kW	Growcol	MPS0100	3,00	221 649,21	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	552,00	110 493,84	Fox ESS	Energy Cube	38 542,68	7 439,00	84
17	100 kW	Growcol	MPS0100	3,00	221 649,21	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	552,00	110 493,84	Fox ESS	Energy Cube	57 814,02	7 388,00	84
18	100 kW	Growcol	MPS0100	3,00	221 649,21	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	552,00	110 493,84	Fox ESS	Energy Cube	77 085,36	7 356,00	83
19	100 kW	Growcol	MPS0100	3,00	221 649,21	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	552,00	110 493,84	Fox ESS	Energy Cube	96 356,70	7 301,00	83
20	100 kW	Growcol	MPS0100	3,00	221 649,21	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	552,00	110 493,84	Fox ESS	Energy Cube	115 628,04	7 249,00	82
21	100 kW	Growcol	MPS0100	3,00	221 649,21	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	552,00	110 493,84	Fox ESS	Energy Cube	134 899,38	7 209,00	82

Listagem das soluções com redução nos equipamentos de armazenamento															
	Inversor					Painéis Fotovoltaicos					Baterias				
Solução	Inversor Potência/Capacidade	Inversor Marca	Inversor Modelo	Inversor Quantidade	Inversor Custo total [€]	Painéis Fotovoltaicos Potência/Capacidade	Painéis Fotovoltaicos Marca	Painéis Fotovoltaicos Modelo	Painéis Fotovoltaicos Quantidade	Painéis Fotovoltaicos Custo total [€]	Baterias Marca	Baterias Modelo	Baterias Custo Total [€]	Indisponibilidade da Bateria Horas [h]	Indisponibilidade da Bateria [%]
1	100 kW	Growcol	MPS0100	4,00	221 649,21	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	736,00	147 325,12	Fox ESS	Energy Cube	14 453,51	6 775,00	77
2	100 kW	Growcol	MPS0100	4,00	221 649,21	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	736,00	147 325,12	Fox ESS	Energy Cube	14 453,51	6 775,00	77
3	100 kW	Growcol	MPS0100	4,00	221 649,21	550 Wp	Phono Solar	550 WpTwinplus	736,00	147 325,12	Fox ESS	Energy Cube	14 453,51	6 775,00	77

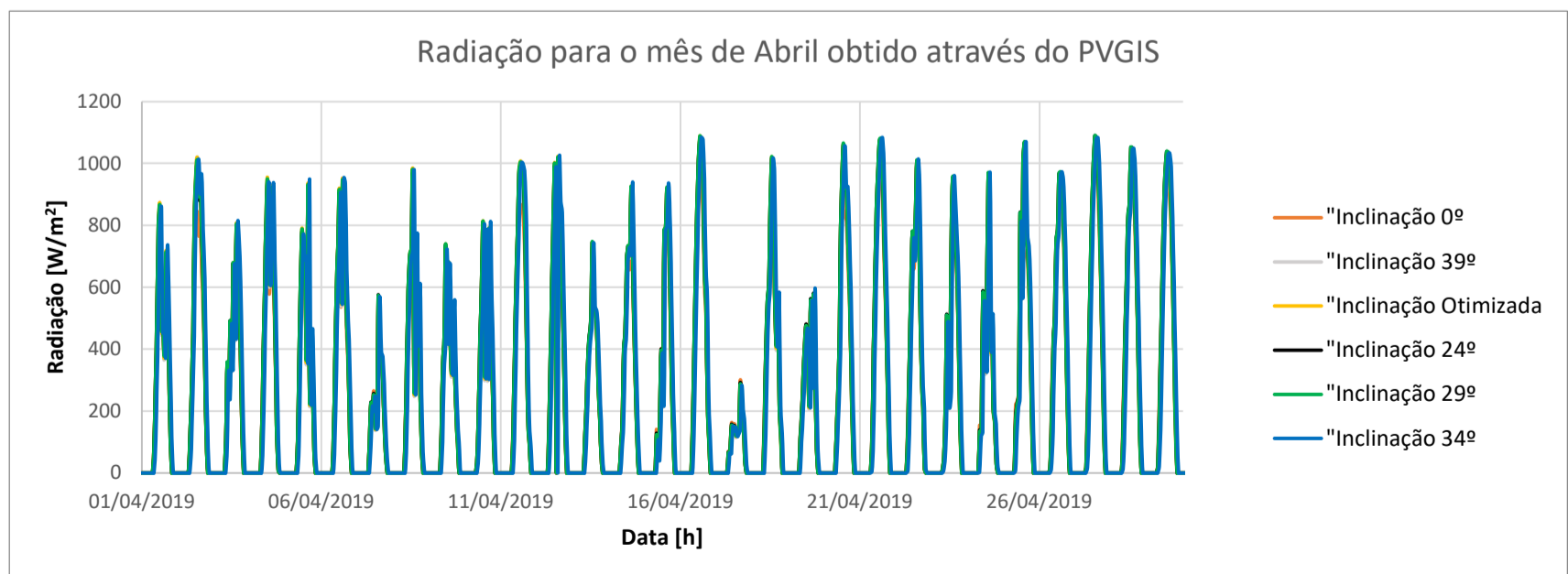
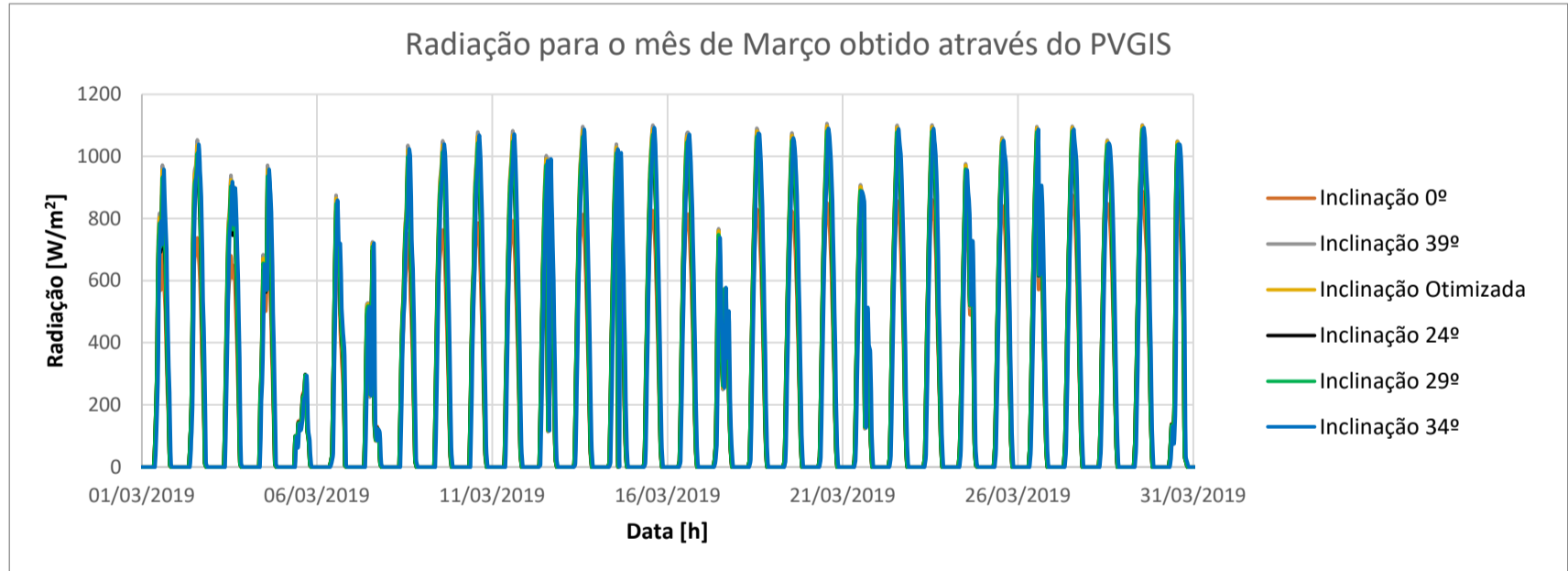
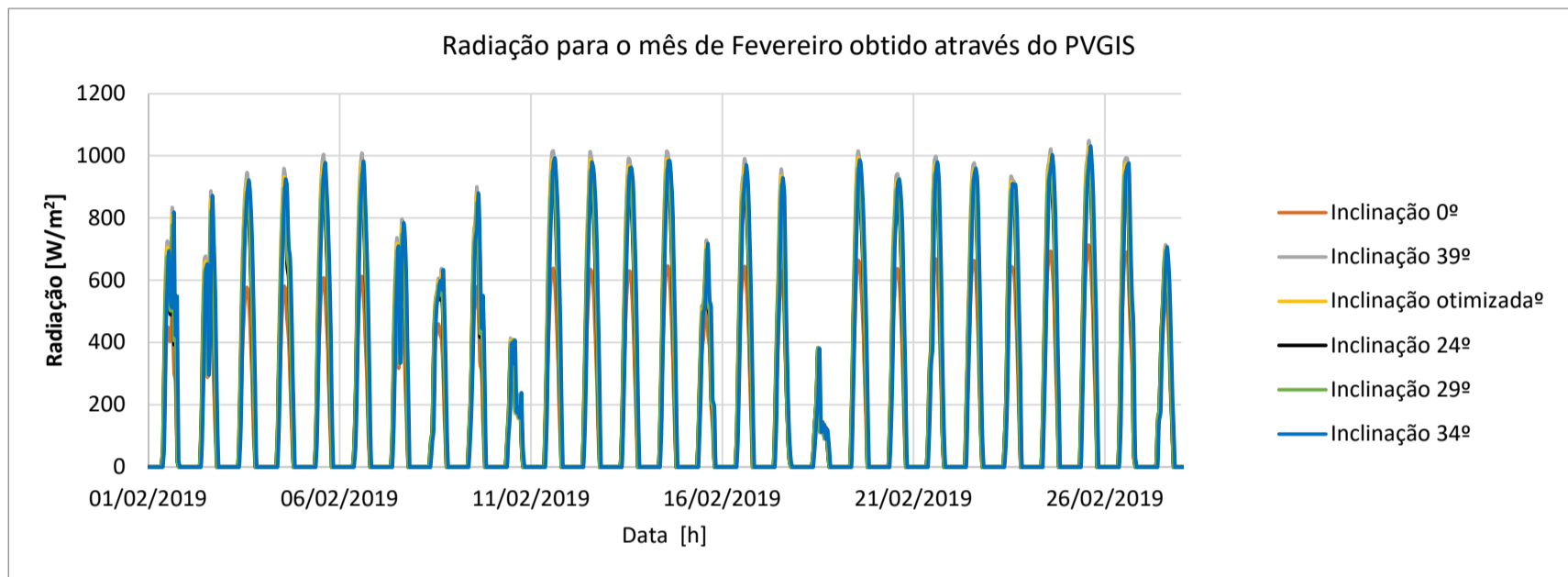
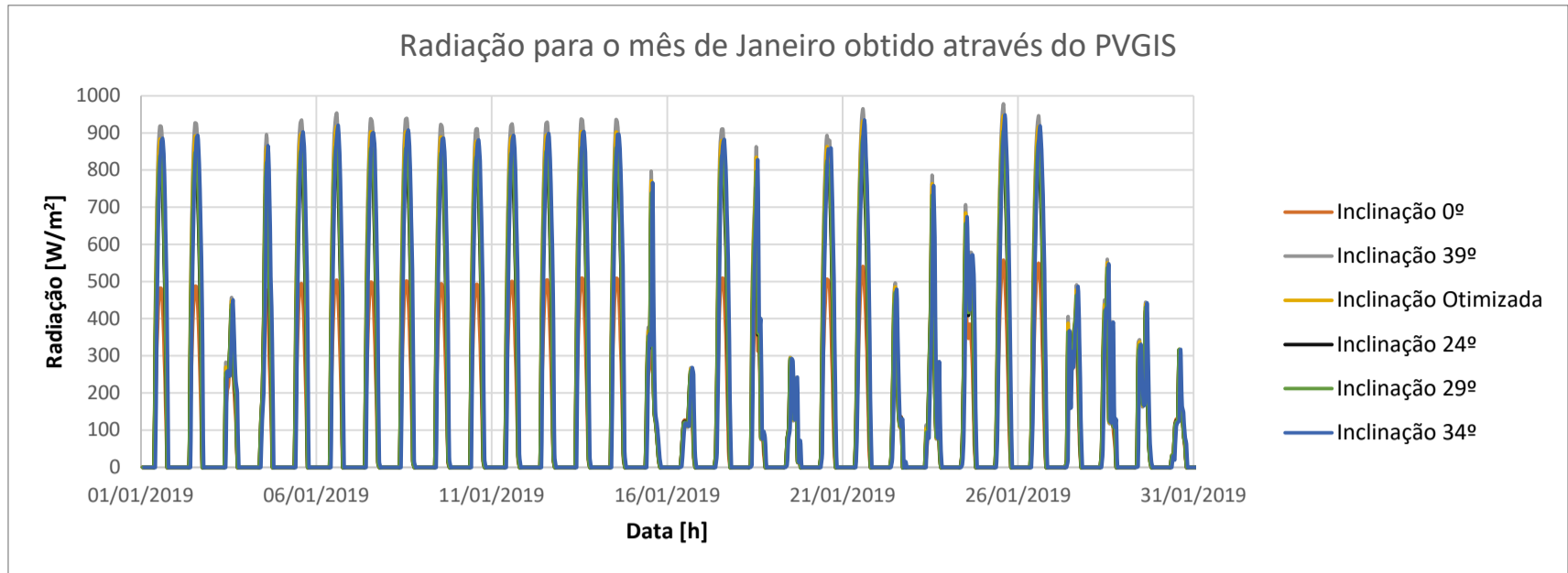
Listagem das soluções com armazenamento											
Solução	Energia produzida Energia [kWh]	Energia produzida Poupança - fatura [€]	Energia produzida desperdiçada [kWh]	Energia produzida desperdiçada [€]	Energia Comprada à Rede - com produção Energia [kWh]	Energia Comprada à Rede - com produção [€]	Energia consumida totalmente pela rede - sem produção: Energia [kWh]	Energia consumida totalmente pela rede - sem produção: [€]	Poupança Energética [kWh]	Poupança Energética [€]	Poupança Energética [%]
1	997 255,72										46,56%
2	997 255,72										47,52%
3	997 255,72										48,34%
4	997 255,72										49,21%
5	997 255,72										49,96%
6	997 255,72										50,63%
7	997 255,72										51,22%
8	797 804,58										41,80%
9	797 804,58										42,44%
10	797 804,58										42,93%
11	797 804,58										43,29%
12	797 804,58										43,85%
13	797 804,58										44,23%
14	797 804,58										44,49%
15	598 353,43										33,84%
16	598 353,43										34,13%
17	598 353,43										34,42%
18	598 353,43										34,59%
19	598 353,43										34,77%
20	598 353,43										34,95%
21	598 353,43										35,21%

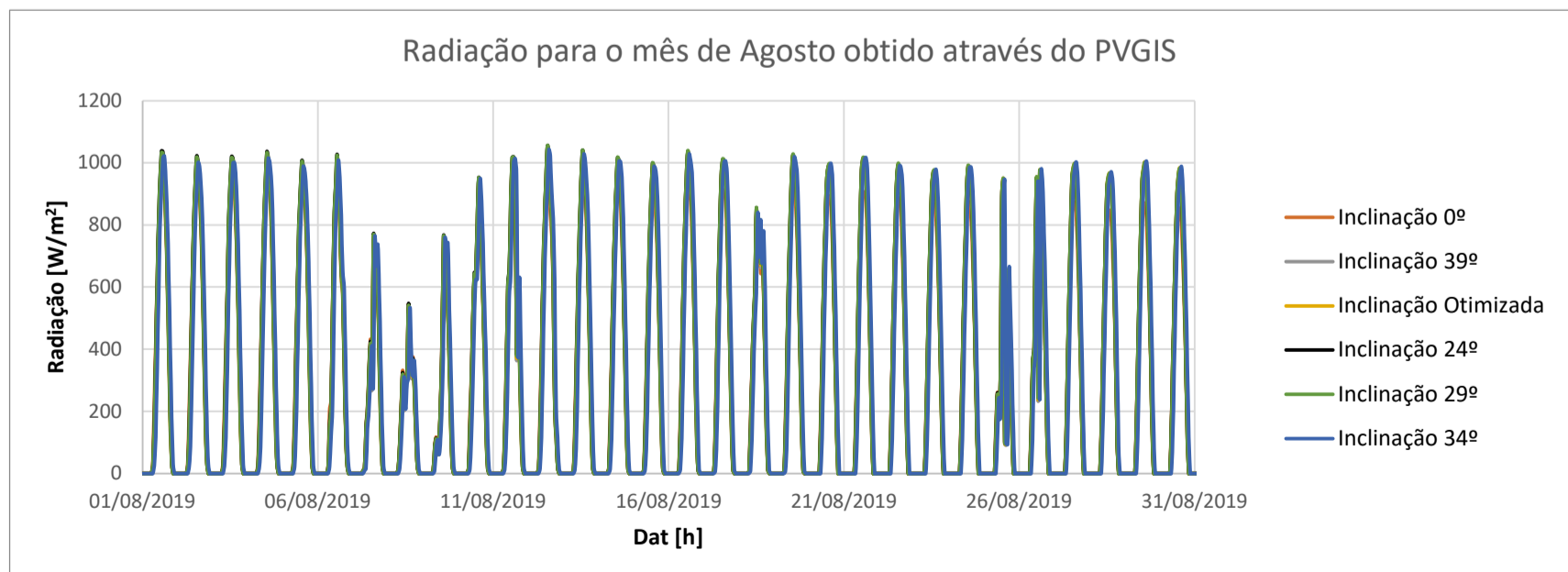
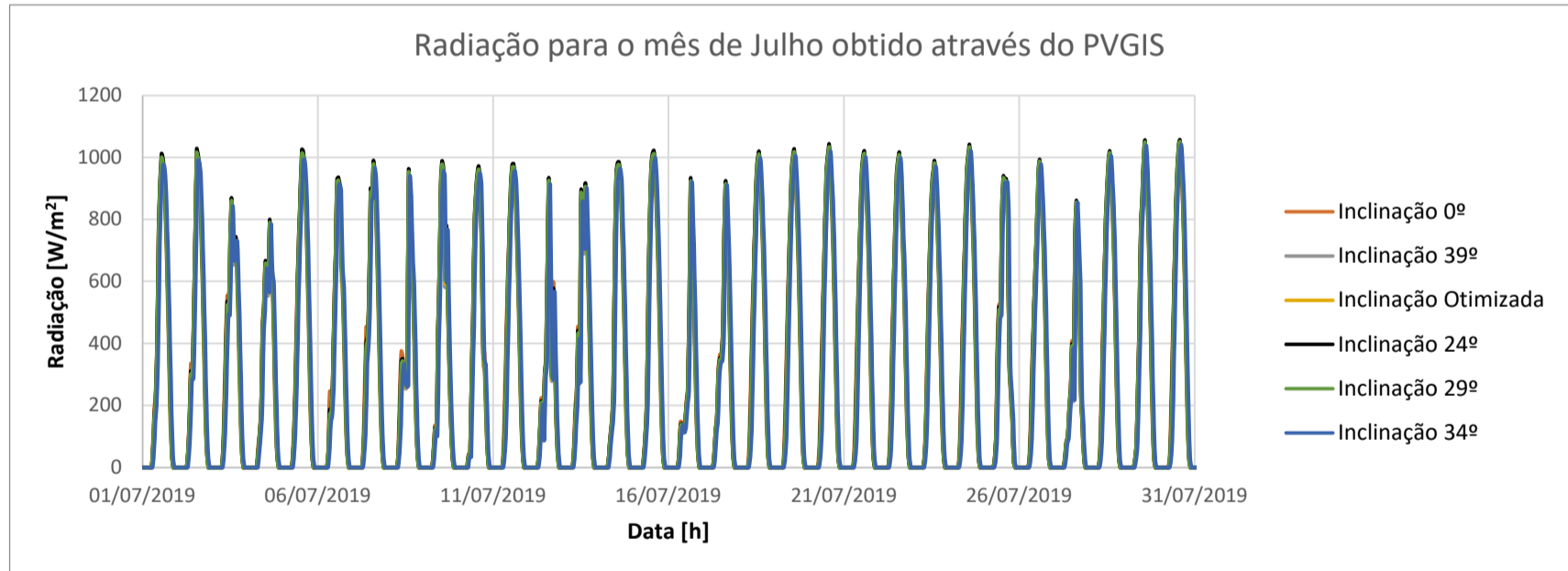
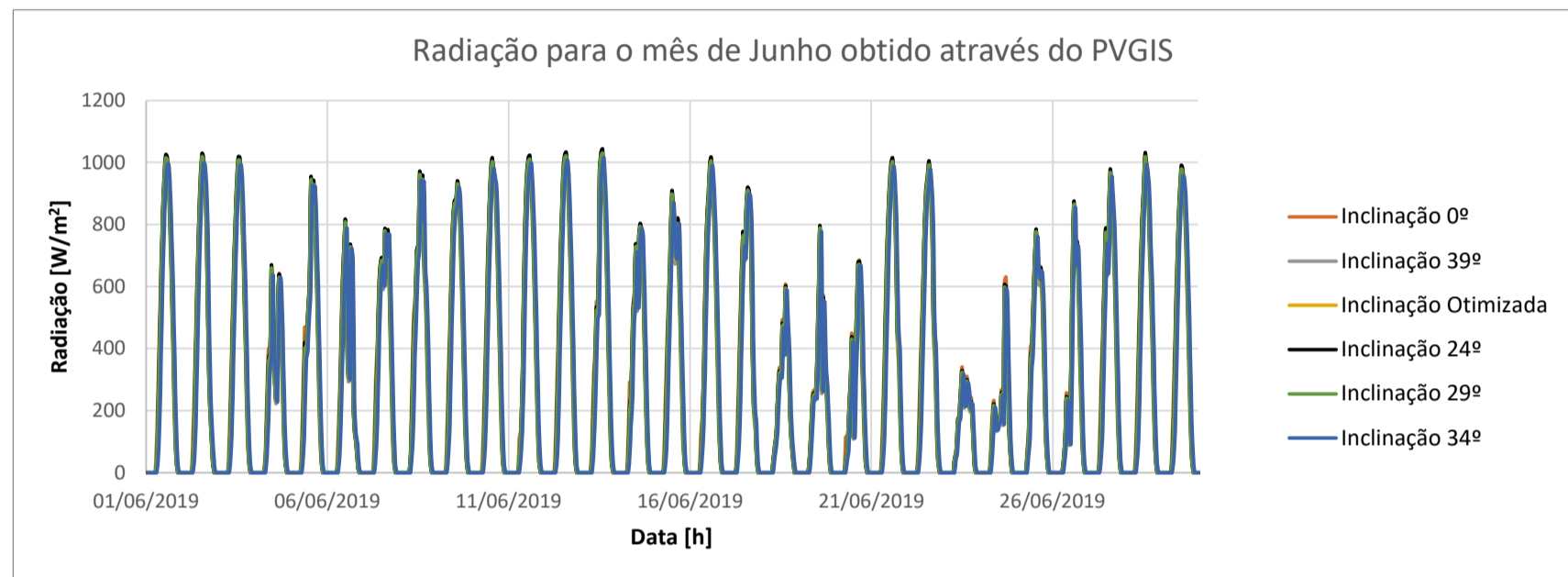
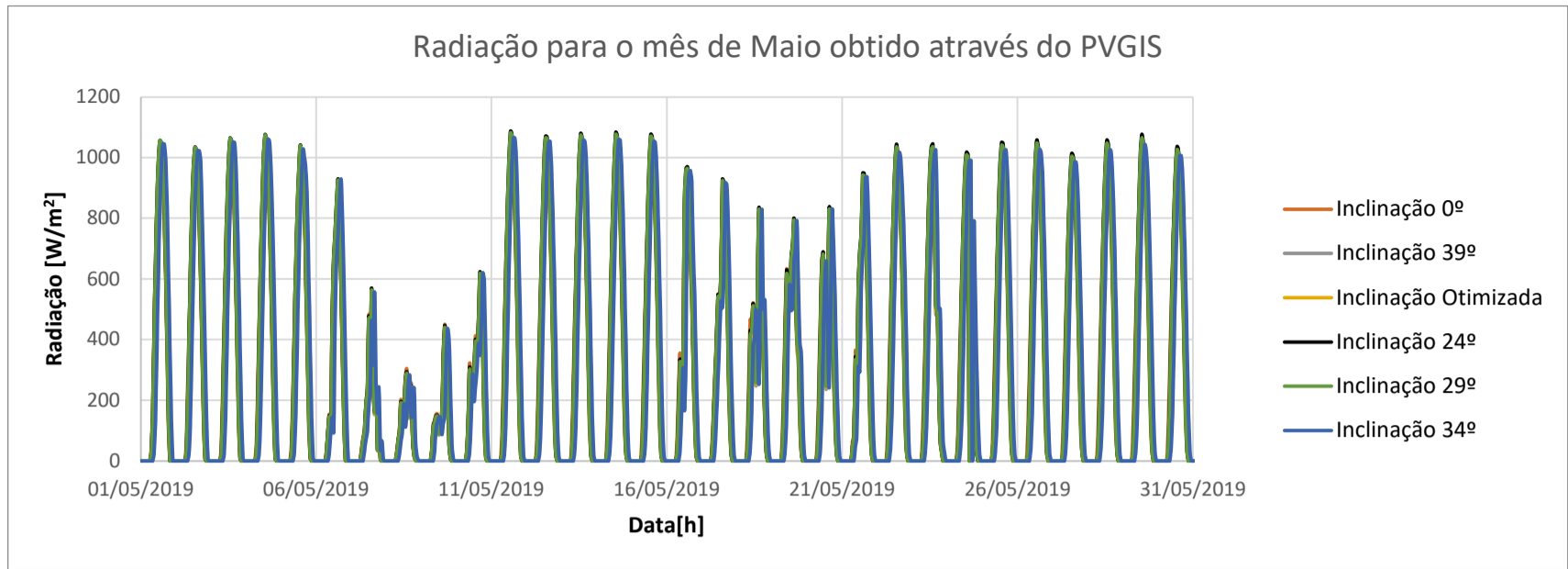
Listagem das soluções com redução nos equipamentos de armazenamento											
Solução	Energia produzida Energia [kWh]	Energia produzida Poupança - fatura [€]	Energia produzida desperdiçada [kWh]	Energia produzida desperdiçada [€]	Energia Comprada à Rede - com produção Energia [kWh]	Energia Comprada à Rede - com produção [€]	Energia consumida totalmente pela rede - sem produção: Energia [kWh]	Energia consumida totalmente pela rede - sem produção: [€]	Poupança Energética [kWh]	Poupança Energética [€]	Poupança Energética [%]
1	797 804,58										41,80%
2	797 804,58										41,80%
3	797 804,58										41,80%

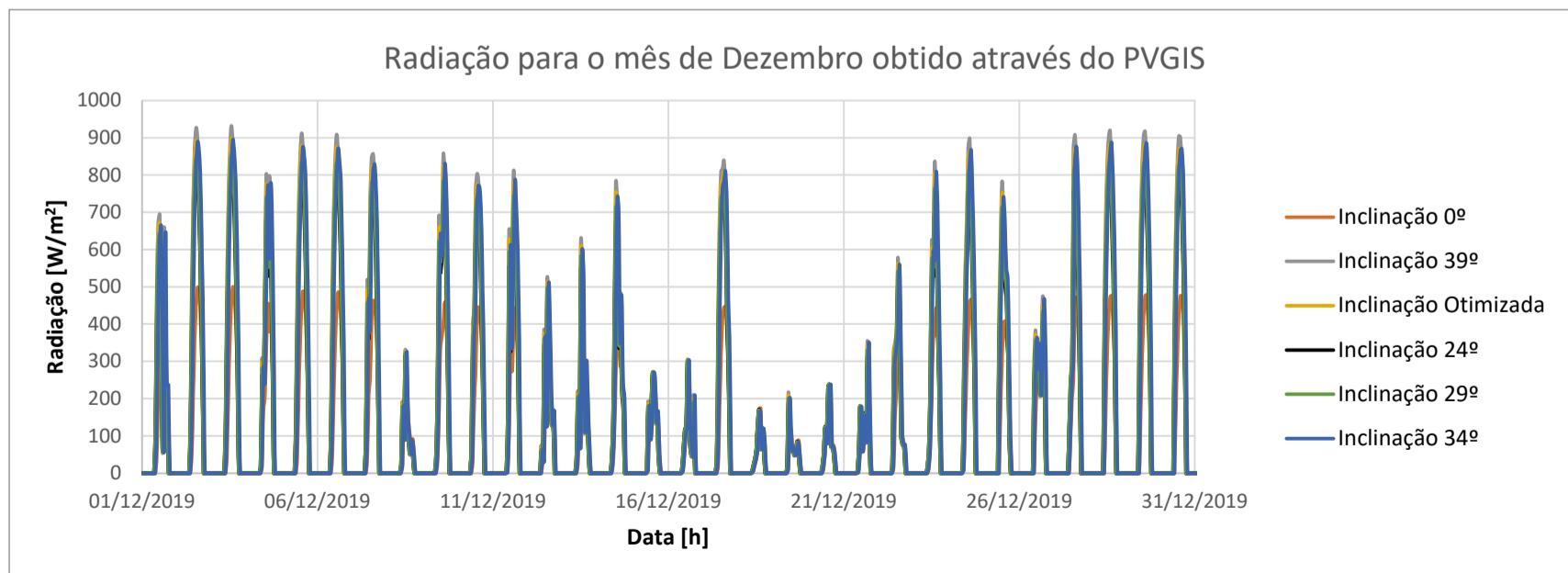
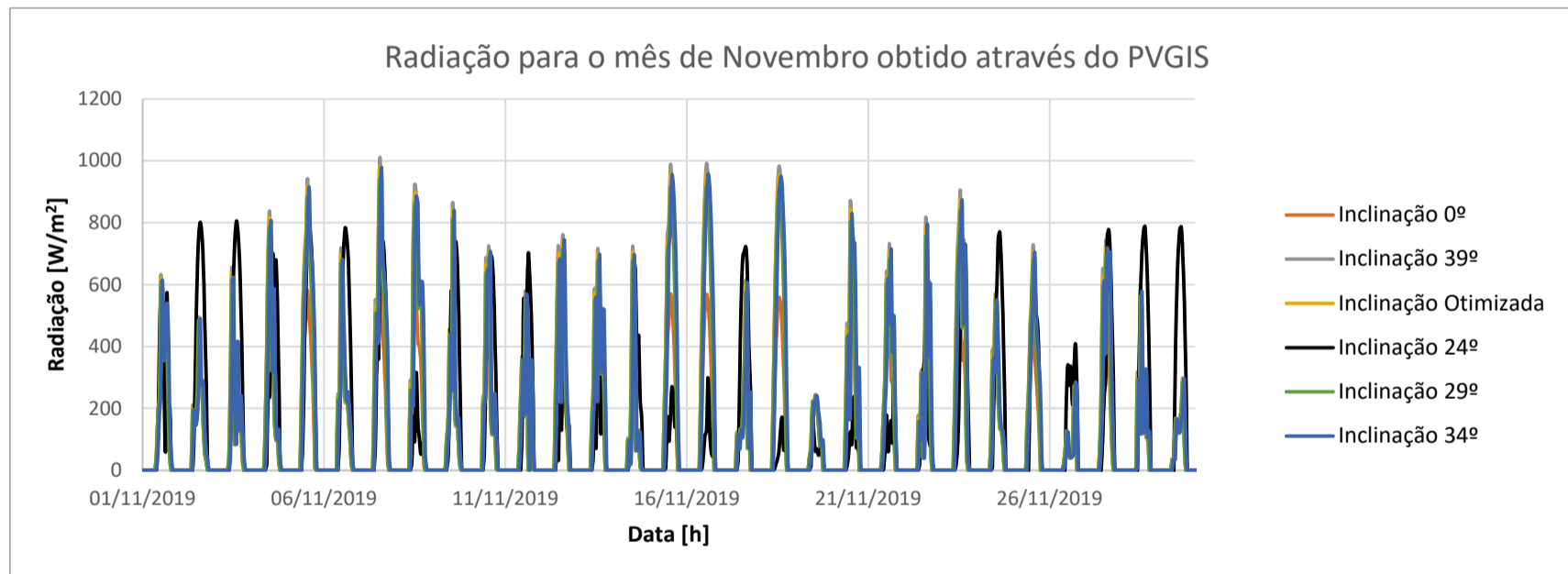
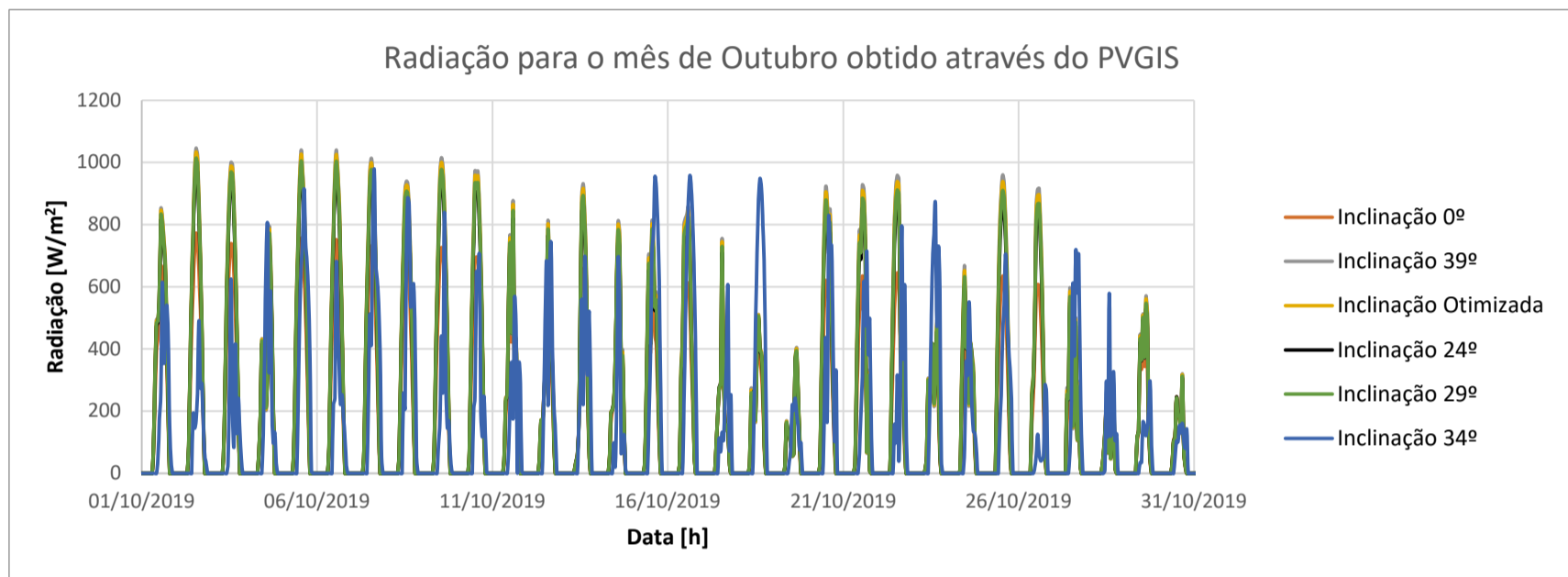
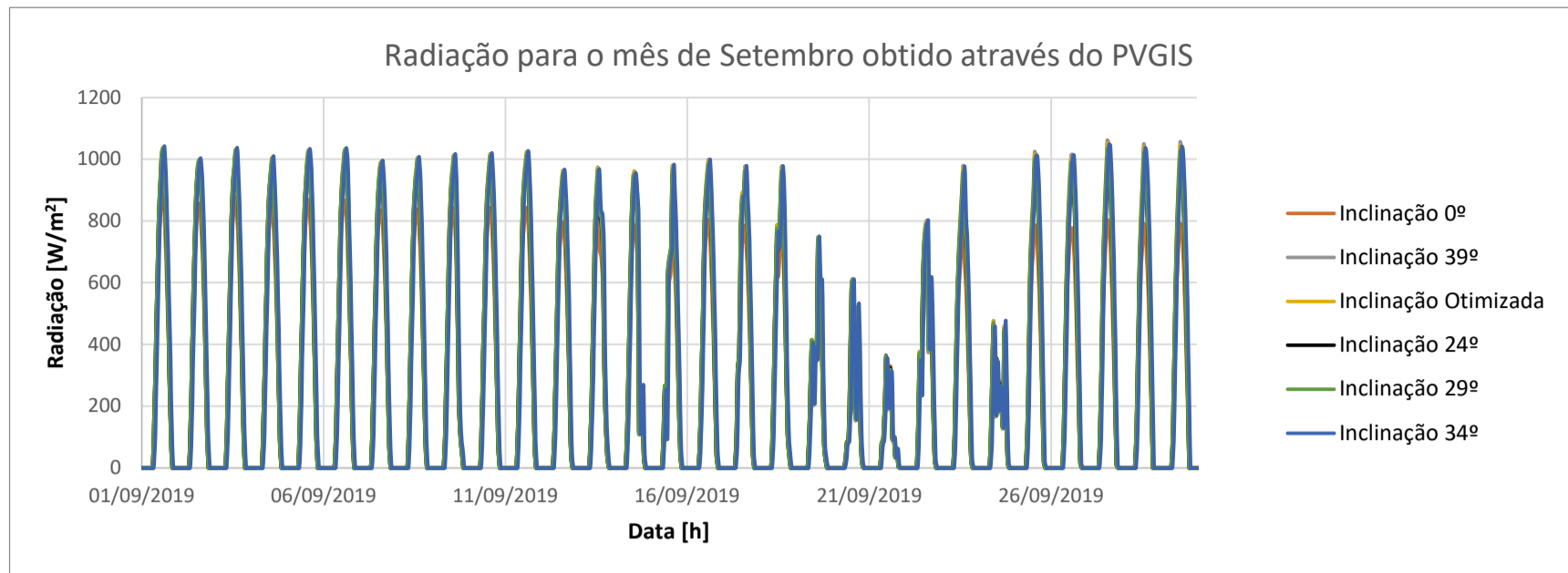
# **Anexo I**

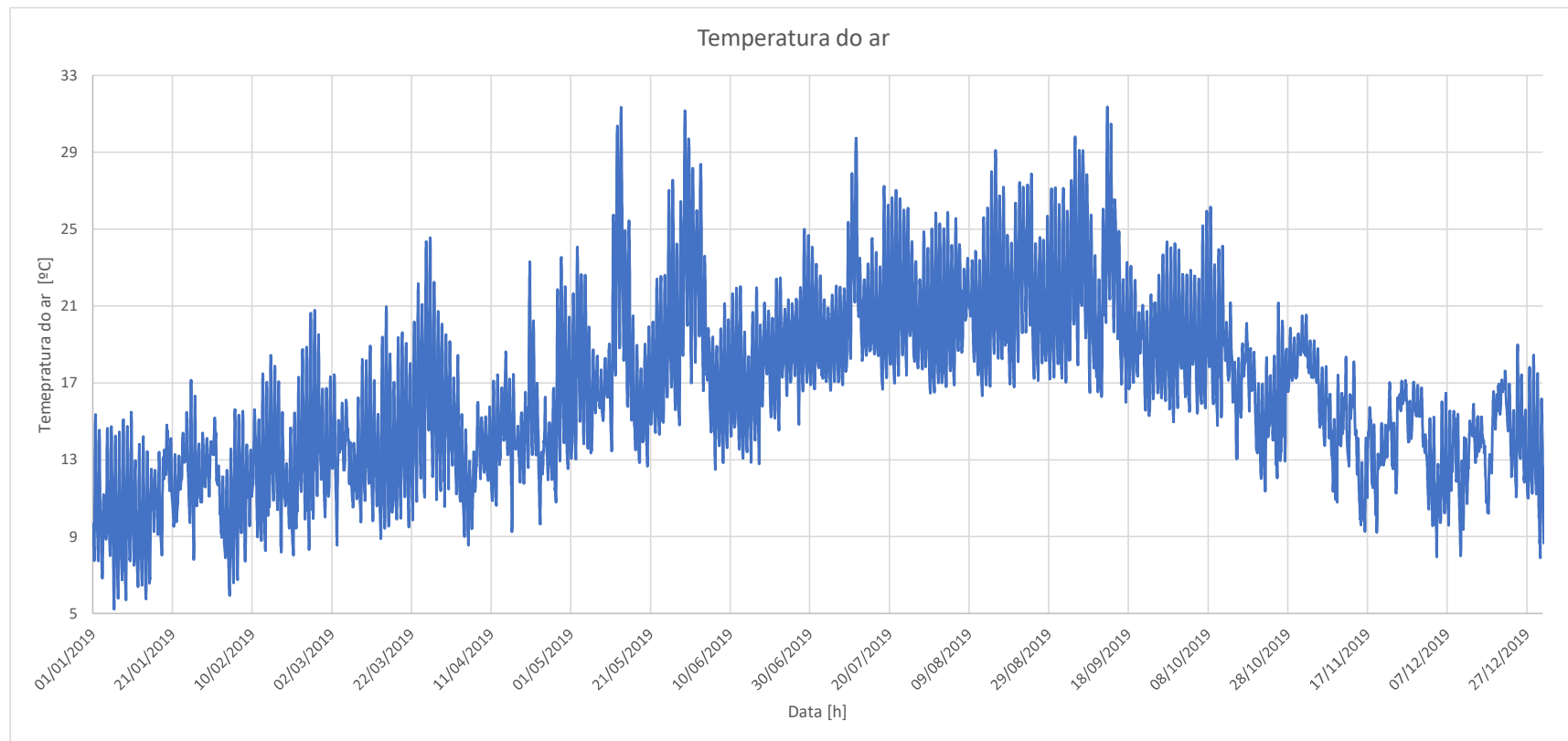
Dados mensais de Radiação para as inclinações utilizadas  
e dados da temperatura do ar obtidos através do PVGIS











# **Anexo II**

Excerto da fatura energética da unidade fabril em causa

**DESCRIÇÃO**

**CÁLCULO**

**VALOR**

Termo Energia Variável (1)

P1:

P2:

P3:

P4:

TERMO ENERGIA ATR (1)

P1:

P2:

P3:

P4:

Potência Horas ponta (1)

Potência Contratada (1)

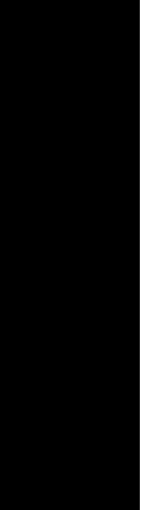
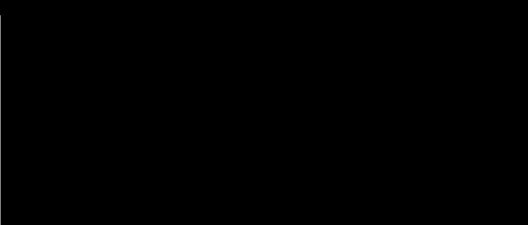
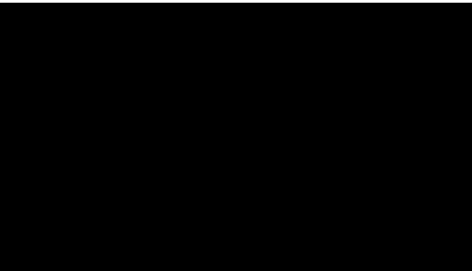
Reativa Fornecida Vazio (1)

Taxa Audiovisual (2)

Imposto sobre Electricidade (1)

(1) IVA-PT NORMAL

(2) IVA-PT REDUZIDO



# **Anexo III**

Fichas técnicas de todos os equipamentos utilizados

# Painéis Fotovoltaicos



# TWINPLUS MODULE SERIES

HIGH EFFICIENCY MONO-PERC M6-10B-R

# 530-550W



## OUTSTANDING PRODUCT PERFORMANCE

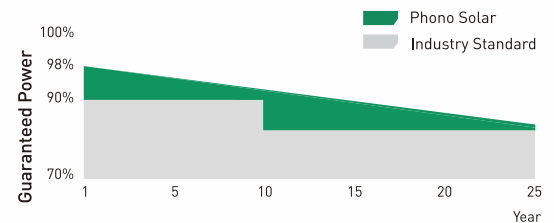
- Competitive high-temperature performance with ameliorated temperature coefficient
- Minimized power loss in cell connection
- Better performance under shading effect
- Decreased nominal operating cell temperature to  $45 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Higher power generation with multi-busbar and half-cut technology

## TRUSTWORTHY QUALITY AND RELIABILITY

- Guaranteed 0~+5W positive tolerance secures reliable power output
- 5400Pa maximum snow load, 2400Pa maximum wind load
- Optimized electrical design lowers hot spot risk and operating current

## PID RESISTANT

- Industry-leading cell processing technology and electrical design ensure solid PID resistance



12-year Product Warranty | 25-year Linear Performance Warranty

## MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES

IEC 61215, IEC 61730

ISO 9001:2015 / Quality management system

ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system

ISO 45001:2018 / International standards for occupational health & safety



Bloomberg Tier<sup>1</sup>  
NEW ENERGY FINANCE



## ELECTRICAL TYPICAL VALUES

Model	1000V		PS530M6-24/TH		PS535M6-24/TH		PS540M6-24/TH		PS545M6-24/TH		PS550M6-24/TH	
	1500V		PS530M6H-24/TH		PS535M6H-24/TH		PS540M6H-24/TH		PS545M6H-24/TH		PS550M6H-24/TH	
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Rated Power (P <sub>mpp</sub> )	530	394	535	398	540	402	545	405	550	409		
Rated Current (I <sub>mpp</sub> )	12.88	10.41	12.97	10.48	13.06	10.55	13.15	10.63	13.24	10.70		
Rated Voltage (V <sub>mpp</sub> )	41.15	37.89	41.25	37.98	41.35	38.07	41.45	38.16	41.55	38.25		
Short Circuit Current (I <sub>sc</sub> )	13.42	10.84	13.52	10.92	13.62	11.00	13.72	11.09	13.82	11.17		
Open Circuit Voltage (V <sub>oc</sub> )	49.19	46.44	49.29	46.53	49.39	46.62	49.49	46.72	49.59	46.81		
Module Efficiency (%)	20.52		20.71		20.90		21.10		21.29			

STC(Standard Testing Conditions):Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, AM 1.5, Cell Temperature 25°C

NOCT (Nominal Operation Cell Temperature): Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Spectra at AM1.5, Wind at 1m/S

## MECHANICAL CHARACTERISTICS

Cell Type	Monocrystalline 182mm x 91mm
Dimension (L× W × H)	Length: 2278mm (89.69 inch)
	Width: 1134mm (44.65 inch)
	Height: 35mm (1.38 inch)
Weight	29.0kg (63.93 lbs)
Front Glass	3.2mm Toughened Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Cable (Including Connector)	4mm <sup>2</sup> (IEC), (+):450mm,(-):250mm or Customized Length
Junction Box	IP 68 Rated

## TEMPERATURE RATINGS

Voltage Temperature Coefficient	-0.28%/°C
Current Temperature Coefficient	+0.05%/°C
Power Temperature Coefficient	-0.35%/°C
Tolerance	0~+5w
NOCT	45±2°C

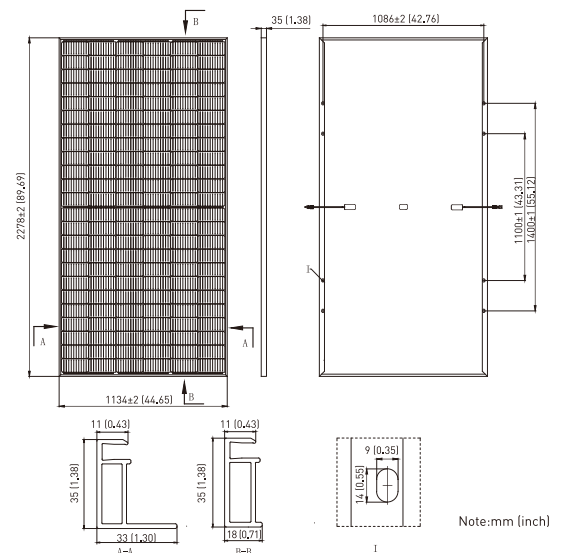
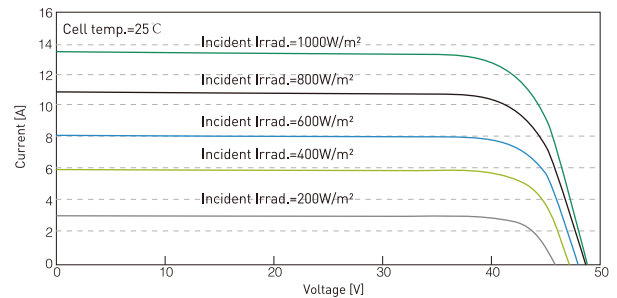
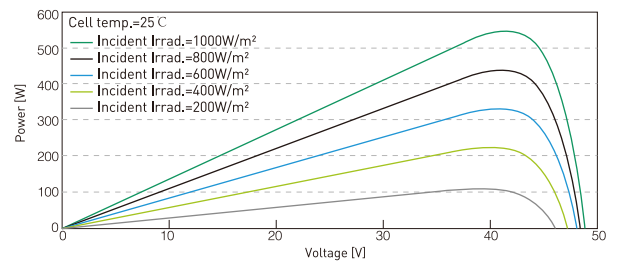
## ABSOLUTE MAXIMUM RATING

Operating Temperature	From -40 to +85°C
Hail Diameter @ 80km/h	Up to 25mm
Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Maximum Series Fuse Rating	25A
PV Module Classification	II
Fire Rating (IEC 61730)	C
Maximum System Voltage	DC 1000V/1500V

## PACKING CONFIGURATION

Container	20' GP	40' HQ
Pieces/Container	155	620

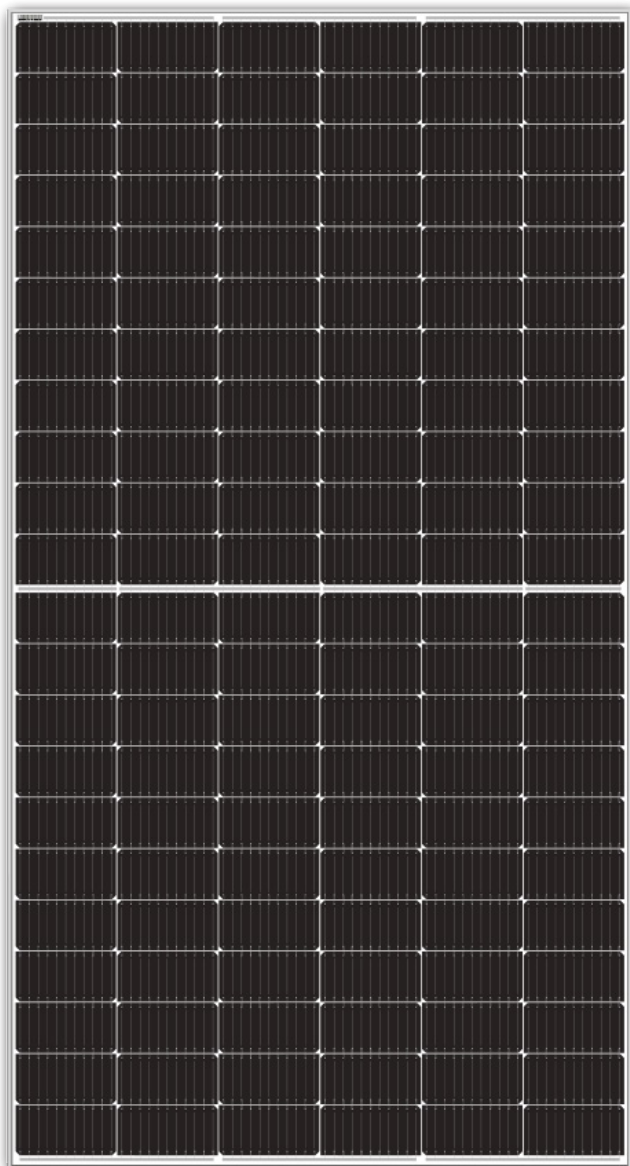
## ELECTRICAL CHARACTERISTICS



## DM505M10-66HSW/-V

495 | 500 | 505 Wp

half cut monocrystalline cells, white backsheet, anodised aluminum frame



### TECHNOLOGY

High module conversion efficiency



### VALUE

Our vertically integrated business model results in competitive pricing



### POWER POSITIVE TOLERANCE

Guaranteed power output 0 - 3 %



### PERFORMANCE

Good performance under low light conditions



### QUALITY

Manufacturing according to international quality and environmental management systems



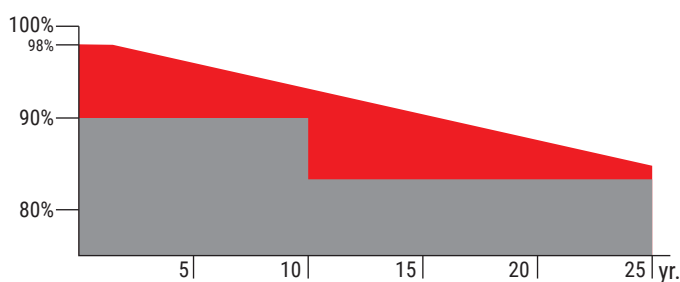
### HALF CELL TECHNOLOGY

Reduces power loss



### PID FREE

According to IEC TS 62804-1 standards



### WARRANTY

- 25 years warranty of 84.8% power output
- 12 years manufacturers warranty

■ DMEGC Solar's linear guarantee  
■ standard solar panel guarantee



CHUBB



Tier 1



## Electrical specifications

Module	Pm (W)	Tolerance	I <sub>mp</sub> (A)	V <sub>mp</sub> (V)	I <sub>sc</sub> (A)	V <sub>oc</sub> (V)	Efficiency
DM495M10-66HSW/-V	495	0 - 3 %	13.28	37.30	13.68	45.62	20.85 %
DM500M10-66HSW/-V	500	0 - 3 %	13.35	37.47	13.75	45.74	21.06 %
DM505M10-66HSW/-V	505	0 - 3 %	13.43	37.63	13.83	45.86	21.27 %

STC irradiance of 1000W/m<sup>2</sup> spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°

## Mechanical data

cell type	P type mono-crystalline
cell arrangement	6 x 22
module structure	glass / backsheet
glass thickness	3.2 mm
PV module classification	class II
junction box rating	IP68
cables	4 mm <sup>2</sup>   1300* mm
connector type	MC4 / MC4 Compatible
fire class rating	C

\* optional customized length

## Maximum ratings

operational temperature	-40 °C to +85 °C
max. snow load	5400 Pa
max. wind load	2400 Pa
max. system voltage	1000V /1500V DC (IEC)
max. series fuse rating	25 A
diodes	3

## Temperature characteristics

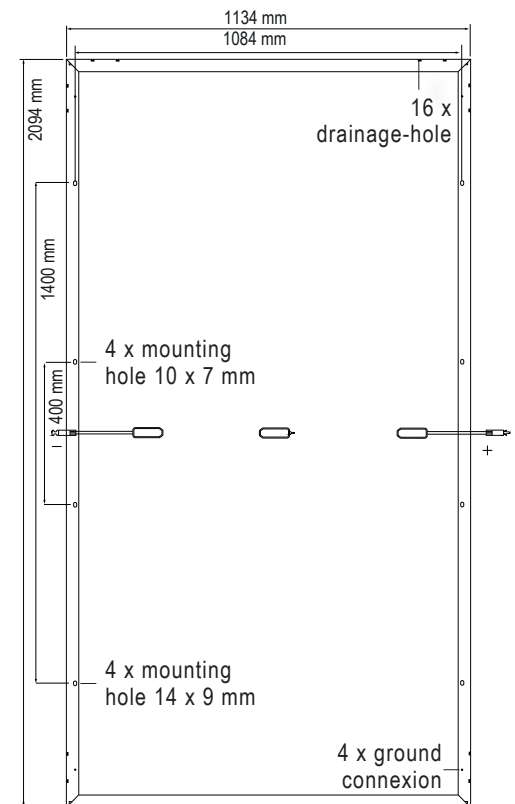
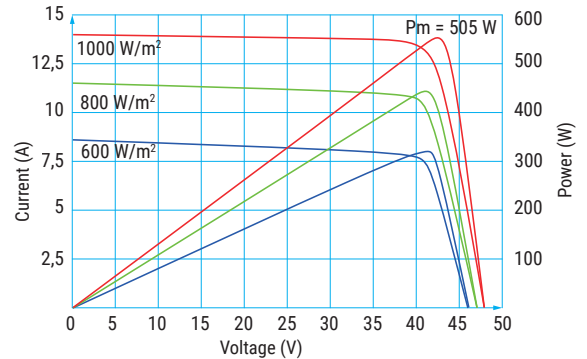
temperature coefficient of I <sub>sc</sub>	+ 0.0448 % / °C
temperature coefficient of V <sub>oc</sub>	- 0.246 % / °C
temperature coefficient of P <sub>max</sub>	- 0.330 % / °C

## Packaging

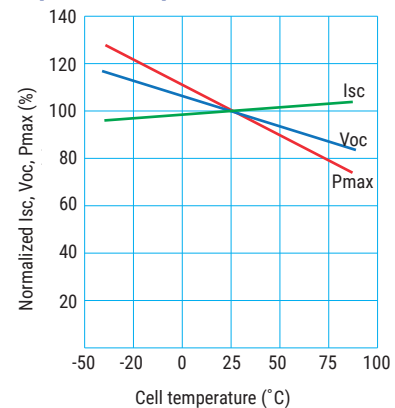
module dimensions	2094 x 1134 x 35
weight	26.6 kg
container	40' HQ
pieces per pallet	31
modules per container	682

Declaration: Due to continuous technology innovation, the above indicated parameters are subject to change without prior announcement. Upon contract/ order confirmation, our company's latest data shall be the final version.

## Current - voltage & power voltage curves



## Temperature dependence of I<sub>sc</sub>, V<sub>oc</sub>, P<sub>max</sub>



# Inversor de Rede

# SUNNY TRIPOWER CORE2

## STP 110-60



STP 110-60



**SMA ShadeFix**  
STRING LEVEL OPTIMIZATION

Premium monitoring service **SMA**  
**SMART CONNECTED**



### More flexibility

- For large rooftop and ground-mounted systems up to the MW range
- 12 MPP trackers
- 24 strings with 1100 V<sub>DC</sub> Sunclix connector

### More power

- 110 kW for standard 400 V<sub>AC</sub>
- Fast commissioning without additional DC combiners
- Peak efficiency of 98.6%

### More yield

- Premium monitoring service for reliable system performance
- Maximum yields thanks to the integrated software solution SMA ShadeFix

### More system integration

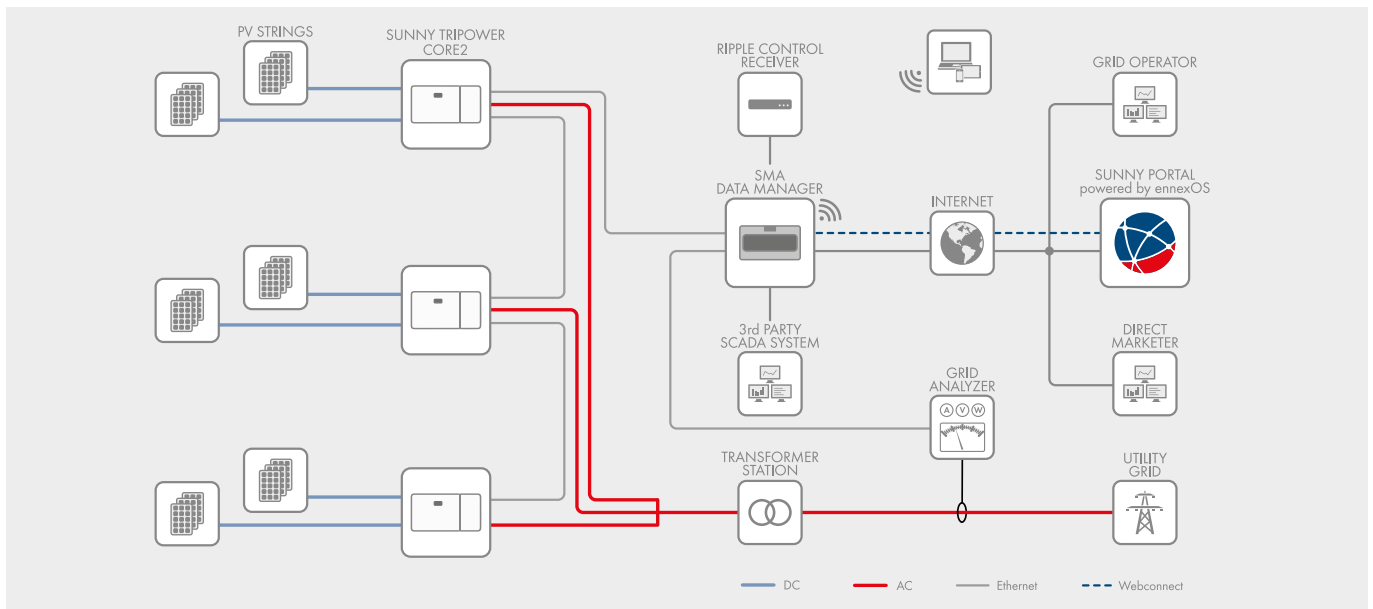
- Flexible and future-proof expansion in the SMA Energy System Business
- Holistic energy management with ennexOS
- High IT security

## SUNNY TRIPOWER CORE2

Flexible system design and highest yields thanks to integrated features

Flexible system design for larger commercial PV systems: The Sunny Tripower CORE2 is the ideal inverter for decentralized system structures up to the megawatt range. With 110 kilowatts, 24 strings and 12 MPP trackers, the Sunny Tripower CORE2 allows for a particularly high solar coverage in ground-mounted PV systems as well as at different roof pitches during the day. The integrated SMA ShadeFix software solution automatically optimizes system performance anytime, even with partially shaded modules. The automatic monitoring service SMA Smart Connected also ensures maximum PV system yields by detecting failures as fast as possible.

With the Sunny Tripower CORE2 as a central component of the SMA Energy System Business, installers and PV system operators will benefit from the high-quality components from a single source and future-proof options to expand their systems by SMA storage solutions.



Technical data	Sunny Tripower CORE2
<b>Input (DC)</b>	
Max. PV array power	165000 Wp STC
Max. input voltage	1100 V
MPP voltage range	500 V to 800 V
Rated input voltage	585 V
Min. input voltage / Start input voltage	200 V / 250 V
Max. input current per MPP tracker / Max. short-circuit current per MPP tracker	26 A / 40 A
Number of independent MPP trackers / Strings per MPP tracker	12 / 2
<b>Output (AC)</b>	
Rated power at nominal voltage	110000 W
Max. apparent AC power	110000 VA
Nominal AC voltage	400 V
AC voltage range	320 V to 460 V
AC grid frequency / range	50 Hz / 45 Hz to 55 Hz 60 Hz / 55 Hz to 65 Hz
Rated grid frequency	50 Hz
Max. output current	159 A
Power factor at rated power / displacement power factor adjustable	1 / 0.8 overexcited to 0.8 underexcited
Harmonic (THD)	< 3%
Feed-in phases / AC connection	3 / 3-PE
<b>Efficiency</b>	
Max. efficiency / European efficiency	98.6% / 98.4%
<b>Protective devices</b>	
Input-side disconnection device	●
Ground fault monitoring / grid monitoring / DC reverse polarity protection	● / ● / ●
AC short-circuit current capability / galvanically isolated	● / -
All-pole sensitive residual-current monitoring unit	●
Monitored surge arrester (type II) AC / DC	● / ●
Protection class (according to IEC 62109-1) / overvoltage category (according to IEC 62109-1)	I / AC: III; DC: II
<b>General data</b>	
Dimensions (W / H / D)	1117 mm / 682 mm / 363 mm (44.0 in / 26.9 in / 14.3 in)
Weight	93.5 kg (206.1 lbs)
Operating temperature range	-30 °C to +60 °C (-22 °F to +140 °F)
Noise emission, typical	< 65 db(A)
Self-consumption (at night)	< 5 W
Topology / cooling concept	Transformerless / active cooling
Degree of protection (according to IEC 60529)	IP66
Max. permissible value for relative humidity (non-condensing)	100%
<b>Features / functions / accessories</b>	
DC connection / AC connection	Sunclix / terminal lug (up to 240 mm <sup>2</sup> )
LED display (Status / Fault / Communication)	●
Ethernet interface	● (2 ports)
Data interface	Web Interface / Modbus SunSpec
Mounting type	Wall mounting / rack mounting
Warranty: 5 / 10 / 15 / 20 years	● / ○ / ○ / ○
Certificates and approvals (selection)	IEC 62109-1/-2, EN50549-1/-2:2018, VDE-AR-N 4105/4110/4120:2018, IEC 62116, IEC 61727, C10/C11 LV2/MV1:2018, CEI 0-16:2019, AS/NZS 4777.2, SI 4777, TOR Generator Typ A/B
● Standard features ○ Optional features - not available Data at nominal conditions Status 08/2020	
Type designation	STP 110-60

# SUN2000-100KTL-M1 Smart String Inverter



10  
MPP Trackers



98.8% (@480V)  
Max. Efficiency



String-level  
Management



Smart I-V Curve  
Diagnosis Supported



MBUS  
Supported



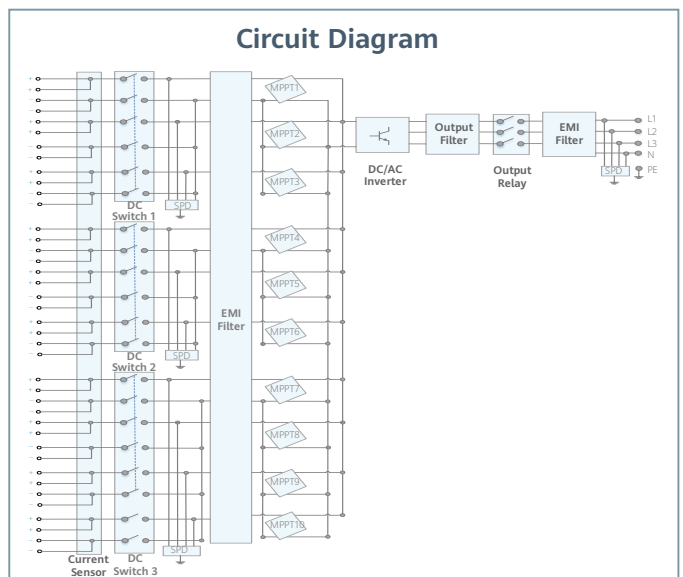
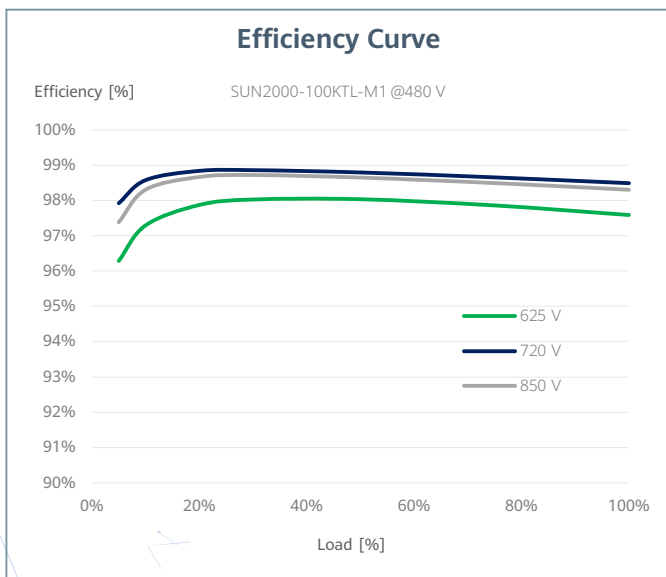
Fuse Free  
Design



Surge Arresters for  
DC & AC



IP66  
Protection





Technical Specification	SUN2000-100KTL-M1
<b>Efficiency</b>	
Max. efficiency	98.8% @480 V, 98.6% @380 V / 400 V
European efficiency	98.6% @480 V, 98.4% @380 V / 400 V
<b>Input</b>	
Max. Input Voltage <sup>1</sup>	1,100 V
Max. Current per MPPT	26 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range <sup>2</sup>	200 V ~ 1,000 V
Nominal Input Voltage	720 V @480 Vac, 600 V @400 Vac, 570 V @380 Vac
Number of Inputs	20
Number of MPP Trackers	10
<b>Output</b>	
Nominal AC Active Power	100,000 W
Max. AC Apparent Power	110,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	110,000 W
Nominal Output Voltage	480 V/ 400 V/ 380 V, 3W+(N)+PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	120.3 A @480 V, 144.4 A @400 V, 152.0 A @380 V
Max. Output Current	133.7 A @480 V, 160.4 A @400 V, 168.8 A @380 V
Adjustable Power Factor Range	0.8 leading... 0.8 lagging
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%
<b>Protection</b>	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
<b>Communication</b>	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
RS485	Yes
USB	Yes
Monitoring BUS (MBUS)	Yes (isolation transformer required)
<b>General Data</b>	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm
Weight (with mounting plate)	90 kg
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Staubli MC4
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	< 3.5 W
<b>Standard Compliance (more available upon request)</b>	
Certificate	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards	VDE-AR-N4105, EN 50549-1, EN 50549-2, RD 661, RD 1699, C10/11

<sup>1</sup> The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.

<sup>2</sup> Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

# SUN2000-60KTL-M0 Smart String Inverter



## Smart

12 strings intelligent monitoring



## Efficient

Max. efficiency 98.7%



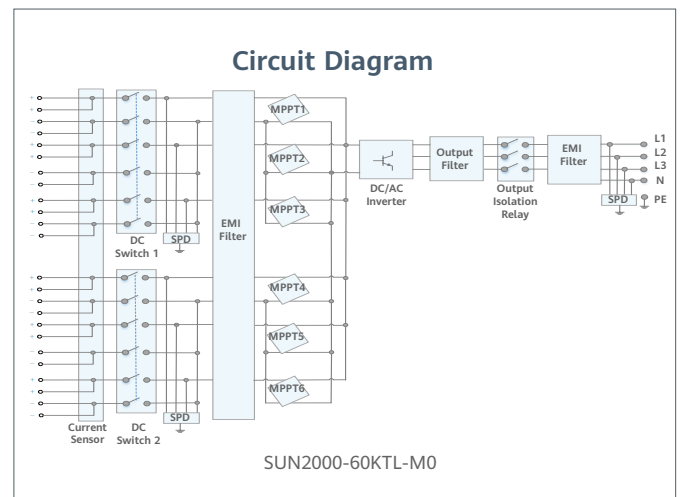
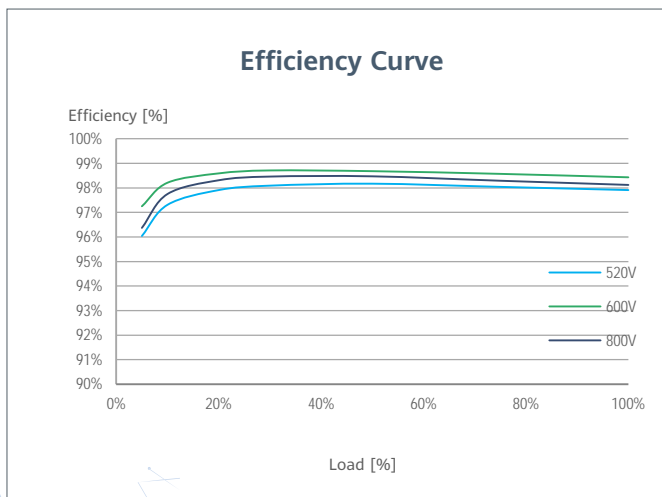
## Safe

Fuse free design



## Reliable

Type II surge arresters for DC & AC



Technical Specification	SUN2000-60KTL-M0
-------------------------	------------------

Efficiency	
Max. efficiency	98.9% @480 V; 98.7% @380 V / 400 V
European efficiency	98.7% @480 V; 98.5% @380 V / 400 V

Input	
Max. Input Voltage <sup>1</sup>	1,100 V
Max. Current per MPPT	22 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	30 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range <sup>2</sup>	200 V ~ 1,000 V
Rated Input Voltage	600 V @380 Vac / 400 Vac; 720 V @480 Vac
Number of MPP trackers	6
Max. number of inputs	12

Output	
Rated AC Active Power	60,000 W
Max. AC Apparent Power	66,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	66,000 W
Rated Output Voltage	220 V / 380 V, 230 V / 400 V, default 3W + N + PE; 3W + PE optional in settings; 277 V / 480 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	91.2 A @380 V, 86.7 A @400 V, 72.2 A @480 V
Max. Output Current	100 A @380 V, 95.3 A @400 V, 79.4 A @480 V
Adjustable Power Factor Range	0.8 leading... 0.8 lagging
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%

Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes

Communication	
Display	LED Indicators, Bluetooth/WLAN + APP
RS485	Yes
USB	Yes
Monitoring BUS (MBUS)	Yes

General Data	
Dimensions (W x H x D)	1,075 x 555 x 300 mm (42.3 x 21.9 x 11.8 inch)
Weight (with mounting plate)	74 kg (163.1 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Natural Convection
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Amphenol Helios H4
AC Connector	Waterproof PG Terminal + Terminal Clamp
Protection Degree	IP65
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	< 2 W

Standard Compliance (more available upon request)	
Certificate	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards	IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, BDEW, VDE 4120, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11

\*1 The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.  
\*2 Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

# Inversor Híbrido

# MPS

## Energy Storage Hybrid Inverter



MPP Trackers



Flexible Battery Type



Integrated EMS Function



CAN/RS485



Intelligent fault detection



IP20



Model	MPS0030	MPS0050	MPS0100	MPS0150	MPS0250	MPS0500
<b>AC (Grid-Connected)</b>						
Apparent Power	33kVA	55kVA	110kVA	165kVA	275kVA	550kVA
Rated Power	30kW	50kW	100kW	150kW	250kW	500kW
Rated Voltage	400V					
Rated Current	43A	72A	144A	217A	361A	722A
Voltage Range	320V - 460V					
Rated Frequency	50/60Hz					
Frequency Range	45 - 55/55 - 65Hz					
THDI	<3%					
PF	0.8lagging - 0.8leading					
AC Connection	3W+N+PE					
Transformer	Yes					
<b>AC (Off-Grid)</b>						
Apparent Power	33kVA	55kVA	110kVA	165kVA	275kVA	550kVA
Rated Power	30kW	50kW	100kW	150kW	250kW	500kW
Rated Voltage	400V					
Rated Current	43A	72A	144A	217A	361A	720A
THDU	≤2% linear					
Rated Frequency	50/60Hz					
Overload Capability	110% - 10min 120% - 1min					
<b>PV</b>						
Max. PV Open-Circuit Voltage	1000VDC					
Max. PV Power	60/120kW		120/180/240kW		300/360kW	600/660/720kW
PV MPPT Voltage Range	200V - 850V					
MPPT Number	1/2		2/3/4		5/6	10/11/12
<b>Battery</b>						
Battery Voltage Range	150V - 850V		420V - 850V		500V - 850V	
Battery Full Load Operating Voltage Range	200V - 850V		420V - 850V		500V - 850V	
<b>General Data</b>						
Dimensions (W x D x H)	800x800x1900mm		1200x800x2050mm		1800x800x2050mm	2800x800x2050mm
Weight	440kg	620kg	900kg	1250kg	1700kg	3520kg
Environmental Temperature	-25°C ~ +55°C					
Relative Humidity	0 - 9% non-condensing					
Protection Degree	IP20					
Noise Emission	75dB(A)@1m					
Max. Altitude	5000m (derate over 3000m)					
Cooling	Forced-Air					
<b>Communication</b>						
Display	Touch Screen LCD					
Communication Interface	RS485/CAN					

# Baterias

# Fox ESS ECS BATTERY STORAGE SYSTEM



## HIGH VOLTAGE BATTERY FROM Fox ESS

The ECS is a high-performance, scalable battery storage system. The modular design allows for maximum flexibility, making it suitable for a broad range of storage applications.

Additional batteries can be installed in series, allowing for a maximum storage capacity of 29.03kWh. Installation is easy, with a plug and play solution that can save valuable time for installers.

- 4.14kWh capacity
- Scalable to 29.03 kWh
- 90% Depth of Discharge
- Large temperature tolerance
- Easy installation
- CAN communication
- High voltage



High Voltage



Simple Installation



Height Efficiency



Expandable System



90% DoD

# Fox ESS

## ECS SERIES

### ECS4300H-H2/H3/H4/H5/H6/H7

Model	ECS4300H -H2	ECS4300H -H3	ECS4300H -H4	ECS4300H -H5	ECS4300H -H6	ECS4300H -H7
<b>ELECTRICAL CHARACTERISTICS</b>						
Battery Type	LiFePO4 Prismatic Cell					
Battery Module	1*CM4300H 1*CS4300H	1*CM4300H 2*CS4300H	1*CM4300H 3*CS4300H	1*CM4300H 4*CS4300H	1*CM4300H 5*CS4300H	1*CM4300H 6*CS4300H
Nominal Capacity[Wh]	8290	12440	16590	20740	24880	29030
Nominal Voltage [V]	115.2	172.8	230.4	288	345.6	403.2
Operating Voltage[V]	97.2 ~ 131.4	145.8 ~ 197.1	194.4 ~ 262.8	243 ~ 328.5	291.6 ~ 394.2	340.2 ~ 459.9
Recommend Discharge Current [A]	35					
Max.Charge/Discharge Current [A]	50					
Peak Discharge Current [A]	65 @30sec					
Battery Pack Round-Trip Efficiency [%]	>95					
Depth of discharge [%]	90					
Cycle Life* <sup>1</sup>	≥6000					
Communication	CAN					
Display	CS: LED*1, CM: LED*6					
Scalability	Max. 7 Modules in Series					
<b>OPERATING CONDITIONS</b>						
Installation Location	Outdoor/ Indoor (Stand)					
Operating Temperature [°C]* <sup>2</sup>	Charge: 0 ~ 55 Discharge: -10 ~ 55					
Storage Temperature [°C]	-20 ~ 55					
Cooling method	Natural Convection					
Humidity [%]	5 ~ 95 (No Condensing)					
Altitude [m]	Max. 2,000					
<b>Mechanical Characteristics</b>						
Dimensions (W*H*D) [mm]	570*366*380	570*494*380	570*622*380	570*750*380	570*878*380	570*1006*380
Weight [kg]	78.5	115.5	152.5	189.5	226.5	263.5
<b>Certificates</b>						
Safety	IEC 62619					
EMC	IEC 61000-6-1/2/3/4					
Transportation	UN38.3					
Ingress Protection	IP65					

\*1, 25°C, @90% DOD, 0.5C charging/discharging.

\*2, Charge derating will occur between 0°C and +15°C.

