



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Eletrotécnica de Energia e Automação



Instalações Fotovoltaicas em Albufeiras: Avaliação técnico-económica dos lotes admitidos no Leilão de 2021

DIOGO MIGUEL DAS NEVES IRÉDIO CAÇADOR

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Eletrotécnica – Ramo Energia

Orientadores:

Professora Doutora Cristina Inês Camus

Professor Doutor Jorge de Sousa

Júri:

Presidente: Professor Doutor Filipe Barata

Vogais:

Professor Doutor João Lagarto

Outubro de 2023

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Eletrotécnica de Energia e Automação



Instalações Fotovoltaicas em Albufeiras: Avaliação técnico-económica dos lotes admitidos no Leilão de 2021

DIOGO MIGUEL DAS NEVES IRÉDIO CAÇADOR

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Eletrotécnica – Ramo Energia

Orientadores:

Professora Doutora Cristina Inês Camus

Professor Doutor Jorge de Sousa

Júri:

Presidente: Professor Doutor Filipe Barata

Vogais:

Professor Doutor João Lagarto

Outubro de 2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria, primeiramente, de agradecer aos meus orientadores, à Professora Doutora Cristina Camus e ao Professor Doutor Jorge de Sousa, pela sua total entrega e disponibilidade, pela orientação e apoio nos momentos mais desafiantes durante a realização da presente dissertação. Estou certo de que sem a sua ajuda e conhecimento não teria sido possível apresentar um trabalho com a mesma qualidade.

Quero estender os meus agradecimentos ao Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL) e a todos os Professores e colegas que fizeram parte do meu percurso académico, pela sua disponibilidade e partilha de saber.

Agradeço especialmente à minha família pelo apoio constante, pelos seus conselhos e pelo exemplo diário que me motivaram a alcançar esta conquista. Aos meus pais e irmãos, o meu muito obrigado.

Por fim, agradeço à minha esposa, Eva, que foi um pilar neste caminho. Obrigado pelo apoio incondicional, por toda a paciência e por todo o amor que a cada dia me inspiram a ser melhor e a atingir os meus objetivos pessoais, profissionais e académicos.

RESUMO

O Leilão Solar Flutuante que ocorreu em Portugal no ano de 2021 surge num momento crucial para o setor de energia renovável, o que se justifica pelo incremento da procura de energias renováveis e pelo seu impacto ambiental. Este Leilão surge mediante um mecanismo de atribuição de projetos por parte do Governo que tem procurado estimular o investimento na tecnologia fotovoltaica, que foi, do mesmo modo, implementado nos anos de 2019 e 2020, e que tem merecido atenção devido aos reduzidos preços de venda de energia atingidos. Neste contexto, através de uma avaliação técnico-económica, procurou-se com a presente dissertação compreender as estratégias adotadas pelos titulares dos lotes adjudicados que tiveram em vista a viabilidade dos projetos no período contratualizado. Com vista à concretização deste objetivo, recorrer-se-á à implementação de um modelo de simulação que, com recurso aos dados dos lotes adjudicados, a diversos cenários de preços de mercado e custos de investimento e à possibilidade de hibridização do sistema fotovoltaico flutuante com sistemas externos, concluir quanto à viabilidade económica dos projetos para o prazo contratual de 15 anos e no período estimado de vida útil dos módulos fotovoltaicos, aproximadamente 25 anos. A análise económica dos lotes adjudicados permitiu concluir que, para ambos os sistemas de remuneração, sendo considerado um período de 25 anos, com um preço de mercado a partir de 100,82 €/MWh os titulares poderão equacionar diversos cenários de investimento com vista a encontrar as soluções mais rentáveis para os respetivos lotes. Do estudo dos diversos lotes é possível concluir que o modelo de remuneração Compensação Fixa ao SEN constitui o modelo mais rentável para o titular, ainda que comporte mais riscos para o mesmo, comparativamente com o Modelo Prémio Variável por Diferenças, ainda que se recorra à hibridização solar-eólica.

Palavras-chave: Energia renovável; Energia Solar; Energia Eólica; Mercados de energia; Leilão Solar Flutuante; Hibridização; Avaliação económica

ABSTRACT

The Floating Solar Auction that took place in Portugal in 2021 comes at a crucial time for the renewable energy sector, justified by the increase in demand for renewable energy and its environmental impact. This Auction is the result of a mechanism for awarding projects by the Government that has sought to stimulate investment in photovoltaic technology, that was also implemented in 2019 and 2020, and which has received attention due to the low energy sales prices achieved. In this context, through a technical and economic assessment, this dissertation sought to understand the strategies adopted by the holders of the awarded lots with a view to the viability of the projects during the period of the contract. In order to achieve this objective, a simulation model will be implemented which, using data from the lots awarded, various market price and investment cost scenarios and the possibility of hybridizing the floating photovoltaic system with external systems, will conclude on the economic viability of the projects for the contractual term of 15 years and the estimated useful life of the photovoltaic modules, approximately 25 years. The economic analysis of the lots awarded led to the conclusion that, for both remuneration systems, considering a period of 25 years, with a market price starting at 100.82 €/MWh, the owners will be able to consider various investment scenarios in order to find the most profitable solutions for the respective lots. From the study of the various lots, it can be concluded that the Fixed Compensation to the SEN remuneration model is the most profitable model for the holder, although it involves more risk for the holder compared to the Variable Premium for Differences model, even if solar-wind hybridization is used.

Keywords: Renewable Energy; Solar energy; Wind Energy; Energy Markets; Floating Solar Auction; Hybridization; Economic Assessment

Índice

1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos	1
1.3. Estrutura	2
2. Estado da Arte	3
2.1. História da Tecnologia Fotovoltaica	3
2.2. Mercado Fotovoltaico	5
2.2.1. Fatores que influenciam o mercado fotovoltaico.....	6
2.3. Estratégias de Incentivo à Descarbonização	7
2.3.1. Protocolo de Quioto	8
2.3.2. Acordo de Paris.....	9
2.3.3. Roteiro para a Neutralidade Carbónica.....	9
2.3.4. Plano Nacional de Energia e Clima	11
2.4. Tecnologia Fotovoltaica Flutuante.....	11
2.4.1. Painéis fotovoltaicos	12
2.4.2. Estruturas flutuantes.....	12
2.4.3. Cabos elétricos	13
2.4.4. Ancoragem.....	14
2.4.5. Inversor	15
2.5. Vantagens Instalação Fotovoltaica Flutuante.....	15
2.6. Leilões de Energia Solar	16
2.6.1. Estrutura de um Leilão de Energia Solar	16
2.6.2. Leilão Solar 2019.....	17
2.6.3. Leilão Solar 2020.....	18
2.6.4. Leilão Solar 2021	19
3. Metodologia.....	22
3.1. Comparação dos Modelos Matemáticos	22
3.2. Desenvolvimento e Aplicação do modelo de um díodo e três parâmetros	23
3.2.1. Estudo dos pontos de funcionamento do modelo de 1 díodo e 3 parâmetros	24
3.3. Influência temperatura e da radiação incidente	26
3.3.1. Influência da temperatura da célula	26
3.3.2. Influência da radiação incidente	28

3.4.	Temperatura nominal de operação	29
3.4.1.	NOCT <i>Standart Formula</i>	30
3.5.	Efeito do vento no arrefecimento das células.....	30
3.5.1.	Método <i>Skoplaki</i>	30
3.5.2.	Correção no valor do NOCT.....	31
3.6.	Cálculo da Potência de saída – Modulo Fotovoltaico	32
3.7.	Cálculo da Potência de Saída - Aerogerador.....	34
3.8.	Energia Anual Produzida	35
3.9.	Cálculo das horas equivalentes de Produção anual no lote	35
3.10.	Número de Módulos Fotovoltaicos	36
3.11.	Número de Aerogeradores.....	36
3.12.	Preço médio capturado	37
3.13.	Avaliação económica.....	37
3.14.	Definições Gerais do Projeto.....	37
3.15.	Preço de Venda.....	38
3.16.	Receita Bruta	38
3.17.	Receita Líquida.....	39
3.18.	<i>Cash-Flow</i>	39
3.19.	Taxa de Atualização	40
3.20.	Indicadores de Rentabilidade.....	40
3.20.1.	Valor Atual Líquido (VAL).....	40
3.20.2.	Taxa Interna de Rentabilidade (TIR)	41
3.20.3.	Período de Recuperação do Capital Investido (<i>Payback</i>).....	41
4.	Casos de Estudo.....	42
4.1.	Modelo Matemático Utilizado	42
4.2.	Estudo de Viabilidade para o Leilão Solar Flutuante de 2021	43
4.2.2.	Prémio Variável por Diferenças.....	51
5.	Conclusão e Desenvolvimentos Futuros.....	63
5.1.	Conclusão	63
5.2.	Desenvolvimentos futuros.....	64

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Dados de Potência gerada por valor de Velocidade do vento.....	34
Tabela 2 - Resumo do Leilão Solar Flutuante de 2021.....	43
Tabela 3 – Dados do Lote 4 para o modelo de remuneração Compensação Fixa ao SEN	44
Tabela 4 – Preços médios Capturados Calculados para o Lote 4	45
Tabela 5 – Valores da TIR nos primeiros 15 anos – Lote 4	46
Tabela 6 - Valores da TIR nos 25 anos de vida útil das células fotovoltaicas – Lote 4	47
Tabela 7 - Valores do VAL nos primeiros 15 anos – Lote 4	48
Tabela 8 - Valores do VAL nos 25 anos de vida útil das células fotovoltaicas – Lote 4	49
Tabela 9 - Payback do projeto – Lote 4	50
Tabela 10 - Dados do Lote 1 para o modelo de remuneração Prémio Variável por Diferenças	51
Tabela 11 – Preços médios capturados calculados para o sistema solar flutuante	52
Tabela 12 - Preços médios capturados calculados para o sistema solar terrestre	52
Tabela 13 - Preços médios capturados calculados para o sistema eólico	52
Tabela 14 - Valores da TIR para o projeto sem hibridização nos primeiros 15 anos– Lote 1.54	
Tabela 15 – Valores da TIR para o projeto com hibridização nos primeiros 15 anos – Lote 1	54
Tabela 16 - Valores do VAL para 25 anos num projeto sem hibridização – Lote 1	55
Tabela 17 - Valores do VAL para 25 anos num projeto com hibridização – Lote 1	56
Tabela 18 - Valores do VAL para o projeto sem hibridização nos primeiros 15 anos – Lote 1	58
Tabela 19 - Valores do VAL para o projeto com hibridização nos primeiros 15 anos – Lote 1	58
Tabela 20 - Valores do VAL para 25 anos num projeto sem hibridização – Lote 1	60
Tabela 21 - Valores do VAL para 25 anos num projeto com hibridização – Lote 1	60
Tabela 22 - Payback do projeto sem hibridização – Lote 1	62
Tabela 23 - Payback do projeto com hibridização – Lote 1	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema Fotovoltaico Flutuante da albufeira do Alqueva.....	12
Figura 2 – Estrutura flutuante da instalação fotovoltaica flutuante do Alqueva.....	13
Figura 3 – Exemplos de cabos elétricos de sistemas fotovoltaicos flutuantes.....	14
Figura 4 - Esquema dos tipos de ancoragem: a) Ancoragem inferior ou de fundo; b) Banco de ancoragem ou ancoragem em bloco; c) Ancoragem com pilares ou estacas	14
Figura 5- Distribuição dos lotes do leilão de 2020	19
Figura 6 - Distribuição dos Lotes do Leilão de 2021.....	20
Figura 7 - Circuito Elétrico equivalente de uma célula Fotovoltaica, a) modelo de um díodo e três parâmetros b) modelo de um díodo e cinco parâmetros	22
Figura 8 - Influência da temperatura da célula fotovoltaica na curva I-V nas condições de irradiância STC	27
Figura 9 - Influência da radiação da célula fotovoltaica na curva I-V nas condições de irradiância STC	29
Figura 10 - Reta de ajuste linear para o recálculo do NOCT. Valores retirados do caso de estudo da Albufeira do Alqueva.....	32
Figura 11 – Gráfico e obtenção da reta da Potência gerada por valor de Velocidade do vento	34
Figura 12 – Evolução da TIR nos 15 primeiros anos do projeto – Lote 4.....	46
Figura 13 - Evolução da TIR nos 25 anos de vida útil das células fotovoltaicas – Lote 4	47
Figura 14 - Evolução do VAL nos 15 primeiros anos do projeto – Lote 4.....	49
Figura 15 - Evolução do VAL nos 25 anos de vida útil das células fotovoltaicas – Lote 4	50
Figura 16 - Evolução da TIR nos 15 primeiros anos para um projeto com hibridização – Lote 1.....	55
Figura 17 - Evolução da TIR para 25 anos num projeto sem hibridização – Lote 1	56
Figura 18 - Evolução da TIR para 25 anos num projeto com hibridização – Lote 1.....	57
Figura 19 - Evolução do VAL nos 15 primeiros anos para um projeto sem hibridização – Lote 1.....	59
Figura 20 - Evolução do VAL nos 15 primeiros anos para um projeto com hibridização – Lote 1.....	59
Figura 21 - Evolução do VAL para 25 anos num projeto sem hibridização – Lote 1	61
Figura 22 - Evolução do VAL para 25 anos num projeto com hibridização – Lote 1.....	61

LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

AC	Alternate Current
CF	Cash-flow
COP21	Conference of the Parties 2021
DC	Direct Current
ISEL	Instituto Superior de Engenharia de Lisboa
MDL	Mecanismo de Desenvolvimento Limpo
MIBEL	Mercado Ibérico de Eletricidade
NOCT	Nominal Operating Cell Temperature
PNEC	Plano Nacional de Energia e Clima
PV	Photovoltaic
PVD	Prémio Variável por Diferenças
PVGIS	Photovoltaic Geographical Information System
RESP	Rede Elétrica Portuguesa de Serviço Público
RNC	Roteiro para a Neutralidade Carbónica
SEN	Sistema Elétrico Nacional
STC	Standard Test Conditions
TIR	Taxa Interna de Rentabilidade
VAL	Valor Atual Líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

CF_t	Cash-Flow gerado pelo projeto	€
$C_{O\&M}$	Custos de Operação e Manutenção	€
D	Constante	
ε	Hiato do material característico da célula	eV
E_a	Energia anual produzida	Wh
G	Irradiância incidente	W/m ²
G^r	Irradiância incidente em condições STC	W/m ²
G_{NOCT}	Irradiância incidente em condições NOCT	W/m ²
h_w	Coeficiente de conversão da velocidade do vento	
h_{wNOCT}	Coeficiente de conversão da velocidade do vento para a medida de NOCT	
I	Corrente	A
i	Taxa de atualização	%
I_0	Corrente inversa máxima de saturação	A
Inv_0	Investimento inicial, ano 0	€
I_{cc}	Corrente de curto-circuito	A
I_{cc}^r	Corrente de curto-circuito em condições STC	A
I_d	Corrente unidirecional	A
I_{MP}	Corrente máxima	A
I_{MP}^r	Corrente máxima em condições STC	A
I_s	Corrente elétrica fotogerada	A
K	Constante de Boltzman	J/K
kt	Coeficiente térmico para o módulo	°C/Wm ⁻²
m	Fator de idealidade do diodo	
m'	Fator de idealidade do diodo equivalente	
N_m	Número de módulos fotovoltaicos	
N_{aer}	Número de aerogeradores	
n	Número de horas anuais	h
P_{aer}	Potência de saída do aerogerador	MW
P_{AC}	Potência elétrica de saída Alternada	W
P_{DC}	Potência elétrica de saída	W

P_L	Potência adjudicada do Lote	MW
P_{mercado}	Preço de mercado	€/MWh
P_{MP}	Potência máxima	W
P_v	Preço de venda	€/MWh
q	Carga elétrica do eletrão	
R_B	Receita Bruta	€
R_L	Receita Líquida	€
t	Período de tempo	anos
T	Temperatura	K
θ^r	Temperatura em condições STC	°C
θ_a	Temperatura ambiente	°C
θ_{aNOCT}	Temperatura ambiente para a medida de NOCT	°C
θ_{NOCT}	Temperatura nominal de operação	°C
v	Velocidade do vento	m/s
V	Tensão	V
V_{ca}	Tensão de Vazio	V
V_{CA}^r	Tensão de Vazio em condições STC	V
V_{MP}	Tensão Máxima	V
V_{MP}^r	Tensão Máxima em condições STC	V
V_T	Potencial Térmico	V
V_T^r	Potencial Térmico em condições STC	V
θ	Temperatura	°C
η^r	Rendimento da célula em condições STC	
η_{inv}	Rendimento do Inversor	
α	Coeficiente de absorção das células	
γ	Coeficiente de Temperatura da Potência máxima	
τ	Transmitância da cobertura do sistema	

1. Introdução

1.1. Enquadramento

A energia solar tem emergido como uma das principais fontes de energia renovável do século XXI, desempenhando um papel fundamental na mitigação das emissões de gases de efeito estufa e na transição global para um futuro mais sustentável.

Portugal, como muitos outros países, reconheceu o potencial da energia solar e tem adotado inúmeras políticas e estratégias para promover o seu desenvolvimento.

Um marco significativo nesse contexto foi o Leilão Solar Flutuante de 2021, uma iniciativa que procurou impulsionar a utilização de tecnologia solar flutuante em águas interiores do nosso país. Este leilão, realizado sob a alçada das autoridades governamentais e regulatórias, atraiu a atenção tanto de investidores nacionais como internacionais, constituindo um importante passo em direção ao cumprimento das metas de sustentabilidade energética de Portugal. O sucesso e o impacto a longo prazo deste Leilão Solar Flutuante são questões de grande interesse e importância não apenas para o setor energético português, mas sobretudo para o panorama global das energias renováveis, razões pelas quais este tema merece o devido estudo e análise.

1.2. Objetivos

O Leilão Solar Flutuante de 2021 constituiu o primeiro leilão de energia solar flutuante em Portugal, devendo-se o seu grande sucesso à conquista de um novo recorde mundial do preço de energia solar mais reduzido, isto é, de -4,13 euros por MWh, valor aproximadamente 137% mais baixo do que o preço obtido no Leilão Solar realizado no ano de 2020. Neste leilão, foram adjudicados de 183 megawatts (MW), dos quais 56% foram adjudicados no modelo de Prémio Variável por diferenças (103 MW) e os restantes por compensação ao Sistema Elétrico Nacional (SEN), tendo existido um lote com preço fixo.

Nesse seguimento, esta dissertação tem como objetivo a avaliação dos preços alcançados no Leilão Solar Flutuante de 2021 e adicionalmente o estudo de viabilidade económica sobre esses valores no prazo contratual de 15 anos e no período estimado de vida útil dos painéis solares, 25 anos.

1.3. Estrutura

Esta dissertação é composta por cinco capítulos principais, designadamente a Introdução, o Estado da Arte, a Metodologia, os Casos de Estudo e, finalmente, as Conclusões.

Importa referir que antecedem estes capítulos o resumo que procura reunir os aspetos fundamentais do tema em estudo, assim como as conclusões que resultaram da presente dissertação, e os índices referentes aos temas abordados, gráficos e tabelas que possibilitaram a investigação e que permitem ao leitor uma maior compreensão do tema, além da lista apresentada de símbolos e acrónimos que visam alcançar o mesmo objetivo.

No primeiro capítulo procede-se a uma abordagem introdutória através do respetivo enquadramento, da referência aos objetivos prosseguidos e a estrutura inerente à mesma.

Por sua vez, no segundo capítulo, é realizado o Estado da Arte, do qual consta um resumo da investigação por parte de outros autores com importantes e pertinentes contribuições para o tema em estudo. Neste capítulo serão mencionados os componentes que constituem o sistema fotovoltaico, o mercado energético, os incentivos à descarbonização e a história dos leilões de energia em Portugal, de forma a incorporar uma base teórica, que consta de artigos científicos, documentos e outras dissertações, para melhor compreensão do presente tema.

No que diz respeito ao terceiro capítulo, este incorpora a Metodologia, no qual se insere a teoria e modelização matemática para a realização do caso estudado, evidenciando o modelo matemático da célula fotovoltaica com incorporação do efeito do vento e da proximidade da água no arrefecimento dos painéis para o cálculo da potência de saída, assim como os métodos utilizados que servem de base ao modelo adotado. Neste capítulo é ainda efetuada uma abordagem à avaliação económica dos projetos que serão abordados no caso de estudo, assim como alguns conceitos e cálculos relevantes.

No quarto capítulo são apresentados os Casos de Estudo, em que se introduzem os métodos, abordados no Capítulo terceiro, que permitiram a análise e avaliação técnico-económica dos resultados do Leilão Solar Flutuante de 2021, assim como os cenários propostos de forma a identificar as oportunidades mais rentáveis para os titulares dos lotes que foram adjudicados neste leilão e que constituem o objeto de estudo.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões resultantes da investigação levada a cabo que traduz os resultados alcançados mediante a avaliação técnico-económica dos resultados do referido Leilão.

Finalmente, são dedicadas as últimas páginas do documento que reproduz a presente dissertação às referências bibliográficas e anexos que possibilitaram o aprofundamento do tema em estudo.

2. Estado da Arte

2.1. História da Tecnologia Fotovoltaica

A tecnologia fotovoltaica encontra-se em estudo há mais de um século, sendo que as primeiras pesquisas sobre a conversão da luz solar em energia elétrica remontam ao final do século XIX, altura em que o cientista Alexandre-Edmond Becquerel descobriu, na sequência da sua investigação, que uma bateria de célula húmida possuía uma carga mais duradora caso as suas placas metálicas de prata fossem expostas de forma direta à luz solar. Esta descoberta levou a que o cientista partilhasse a sua descoberta nos *Les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* nos quais explicou que: “a produção de corrente elétrica, ocorre, quando duas placas de platina ou ouro mergulhadas numa solução ácida, neutra ou alcalina, são expostas de uma maneira irregular à radiação solar” [1].

Nesta altura, o químico inglês William Grove construiu um dispositivo capaz de converter em eletricidade os elementos Hidrogénio (H_2) e Oxigénio (O_2) através da reação química que ocorria entre os mesmos. Além de, em 1873, ter sido descoberta a fotocondutividade do Selénio (Se), observada por Willoughby Smith, que motivou a proposta de Adams e Day em 1876 para o desenvolvimento de um dispositivo sólido de produção de eletricidade por exposição à luz. Sucede que, sete anos mais tarde, a primeira célula fotovoltaica foi descoberta por Fritts que fez a primeira simulação de resposta do olho humano com a combinação de uma célula de Selénio e filtros de cores. Nos anos seguintes, a tecnologia fotovoltaica foi desenvolvida principalmente para aplicações espaciais, como fonte de energia para satélites e naves espaciais.

Durante a década de 1970 constatou-se um incremento na procura de fontes de energia renováveis o que originou, subsequentemente, uma maior profundidade na sua pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias fotovoltaicas, designadamente o desenvolvimento de novos materiais semicondutores, como o arsenieto de gálio e o silício amorfo, e de técnicas de produção em grande escala.

As décadas de oitenta e noventa foram marcadas pelo crescente investimento em programas de financiamento e de demonstração motivados sobretudo pela consciência da ameaça das alterações climáticas devido à queima de combustíveis fósseis.

Exemplos destas iniciativas são a instalação da primeira central solar de grande envergadura (1 MW) na Califórnia, em 1982, e o lançamento dos programas de “telhados solares” na Alemanha (1990) e no Japão (1993), nos quais os governos apoiaram a microgeração de eletricidade por via de particulares [2].

Nos últimos anos, a tecnologia fotovoltaica continuou a evoluir, com avanços significativos na eficiência dos painéis solares, na redução de custos e no desenvolvimento de novos materiais e técnicas de produção. As células solares de perovskita, por exemplo, demonstraram potencial no que diz respeito à eficiência e à redução do custo dos sistemas fotovoltaicos. No mesmo sentido, a tecnologia de armazenamento de energia tem evoluído rapidamente, permitindo que a energia solar seja armazenada e utilizada consoante as necessidades.

Embora a tecnologia fotovoltaica seja atualmente uma das formas mais promissoras de geração de energia limpa e renovável, ainda há desafios a serem superados.

Um dos desafios que a tecnologia fotovoltaica enfrenta é a eficiência energética. A eficiência das células solares é determinada pela quantidade de energia solar que pode ser convertida em eletricidade. Embora a tecnologia fotovoltaica tenha avançado progressivamente nas últimas décadas, a eficiência energética das células solares ainda é relativamente reduzida, especialmente em comparação com outras fontes de energia, como os combustíveis fósseis.

No entanto, inúmeros investigadores e empresas continuam a empregar esforços no sentido de melhorar a eficiência energética das células solares uma vez que, ainda que as células solares de silício monocristalino, as mais comuns na indústria, tenham uma eficiência energética de cerca de 20%, existem atualmente tecnologias que ultrapassam essa marca, como as células solares de perovskita, que alcançam uma eficiência energética de mais de 25% [3].

Outro desafio importante nesta matéria é a durabilidade das células solares, pois, na medida em que estas são expostas a condições ambientais extremas, nomeadamente a temperaturas elevadas, humidade, vento e radiação solar intensa, as células solares poderão ver afetadas a sua eficiência e vida útil. Neste sentido, é crucial o desenvolvimento de materiais e técnicas de fabricação que permitam o aumento da durabilidade das células e que garantam o seu pleno funcionamento ainda que em condições ambientais adversas [3].

Apesar dos desafios, a tecnologia fotovoltaica continua em evolução e constitui uma via importante na transição para um futuro mais sustentável e livre de carbono o que associado a um custo cada vez mais acessível poderá permitir que a energia solar se torne uma fonte dominante de energia em todo o mundo.

2.2. Mercado Fotovoltaico

O mercado global dos sistemas fotovoltaicos tem expandido na última década, o que se justifica pelos incentivos financeiros e pelas políticas implementadas que asseguram um elevado desenvolvimento da tecnologia e uma maior competitividade dos respetivos custos.

Segundo o artigo “Quantitative study on long term global solar photovoltaic market”, a capacidade cumulativa instalada mundialmente excedeu os cerca de 136 GW até ao ano de 2012, sendo que até ao ano de 2000 este valor era de 1,8 GW, isto é, apenas 0,85% da eletricidade requerida globalmente. Alguns estudos projetam que, a longo prazo, haja um aumento progressivo dos sistemas fotovoltaicos para a geração de eletricidade, posicionando a energia solar como uma das mais realistas opções nas combinações de produção de energia [4].

No período entre 1997 e 2001 verificou-se um desenvolvimento dos sistemas fotovoltaicos sobretudo em países da União Europeia, principalmente na Alemanha, em Espanha e Itália, o que se justifica, maioritariamente, pelos incentivos oferecidos pelos Governos e pela implementação da tarifa feed-in, proporcionando a construção de parques fotovoltaicos de grande escala com ligação à rede.

Os anos 2000 até 2006 ficaram marcados pela produção em massa com elevada competitividade no mercado [4], sendo que no período compreendido entre 2000 e 2015 a taxa de crescimento do mercado fotovoltaico correspondeu a cerca de 41%, dos quais 40% constituem instalações fotovoltaicas na Europa e cerca de 21% na China e Taiwan. Importa referir que, ainda no ano de 2015, a Alemanha detinha cerca de 16% de toda a capacidade fotovoltaica instalada no mundo, o que corresponde a 39,6 GW e à instalação de cerca de 1,5 milhões de sistemas fotovoltaicos neste país até esta data [5].

Segundo o artigo “Photovoltaic solar energy: Conceptual framework”, a previsão é de que se continue a observar um gradual crescimento do mercado fotovoltaico, particularmente nos países que constituem grandes potências económicas, designadamente a China, a Índia, o Japão, o Brasil e países do Médio Oriente. Estima-se que a capacidade fotovoltaica atinja os 416 GW até 2030, exceda os 650 GW em 2035 e que em 2040 haja uma implementação cumulativa de 936 GW de capacidade fotovoltaica mundial [5].

2.2.1. Fatores que influenciam o mercado fotovoltaico

2.2.1.1. Eficiência

A eficiência da célula depende de dois fatores fundamentais: a temperatura e a limpeza. O efeito da temperatura nas células fotovoltaicas afeta o seu desempenho drasticamente, o que motivou inúmeros estudos cujo objetivo era a redução da temperatura das células através da extração de calor empregando-o a outros fins, designadamente para o aquecimento de águas e ar.

Outro fator que afeta a eficiência de um sistema fotovoltaico é a sua qualidade de limpeza, uma vez que a acumulação de poeiras é suscetível de bloquear parte da radiação que se pretende que chegue aos módulos fotovoltaicos. Assim, recebendo uma menor quantidade de radiação, menor eficiência do sistema, o que se justifica pela consequente redução de fótons. Deste modo, é aconselhável que se proceda à manutenção periódica da superfície fotovoltaica de forma a maximizar o desempenho do sistema pela maior suscetibilidade de receção da radiação solar [5].

2.2.1.2. Custo

A localização da instalação é um dos principais fatores para a variação do custo, na medida em que as regiões sujeitas a menor quantidade de radiação irão requerer sistemas fotovoltaicos maiores de forma a gerar uma quantidade de energia semelhante àquela que se conseguirá obter em regiões mais soalheiras ainda que com recurso a sistemas fotovoltaicos de menor dimensão.

Para além da localização do sistema, outros fatores têm impacto nos custos da instalação flutuante, designadamente o tipo de tecnologia em causa e a complexidade do sistema fotovoltaico. Nos últimos 35 anos, o preço dos módulos fotovoltaicos diminuiu cerca de 19,1% a cada duplicação cumulativa de produção de módulos. Relativamente ao material, tem-se concluído que provavelmente, a longo prazo, os filmes finos e os materiais de terceira geração poderão contribuir para uma redução de custo em cerca de 80% [5].

2.2.1.3. Durabilidade

A durabilidade dos módulos fotovoltaicos é um fator importante para tornar esta tecnologia comercialmente mais viável na produção de energia. Tal justifica-se por o ciclo de vida dos módulos estar diretamente relacionado com fenómenos derivados da degradação das células fotovoltaicas durante a sua operação, constituindo os principais fatores responsáveis pela sua degradação: a radiação solar, a humidade, a sujidade e a temperatura [5].

Este fenómeno explica-se pelo facto de a degradação provocar a redução da vida útil das células levando, conseqüentemente, a um decréscimo na eficiência de conversão da energia solar em energia elétrica.

Atualmente os fornecedores afirmam que a vida útil operacional de um sistema fotovoltaico é aproximadamente de 30 anos, no entanto, a garantia do material é limitada a 5 anos devido a danos causados pela instalação, manutenção inadequada, granizo, neve, tempestades, entre outros.

2.2.1.4. Sustentabilidade

Atualmente as questões relacionadas com a sustentabilidade assumem um papel cada vez mais preponderante. O aspeto ambiental nas decisões económicas adquire maior visibilidade em particular nestas matérias dada a possibilidade de recurso a materiais com um elevado índice de toxicidade, ainda que se revelem bastante eficientes, como por exemplo o arsénico, utilizado na produção de células de arseneto de gálio (GaAs).

Neste sentido, o ciclo de vida dos sistemas fotovoltaicos é um fator a considerar na escolha dos materiais, o que implica necessariamente ter em consideração as diversas etapas de vida dos mesmos, isto é, considerar as matérias-primas utilizadas na produção dos seus constituintes, o seu processo de purificação, a produção dos módulos, a instalação e uso no sistema, o desmantelamento e a suscetibilidade de reciclagem [5].

Ainda que estes fatores devam ser considerados na escolha dos diversos materiais segundo o estudo referido no artigo “Global prospects, progress, policies, and environmental impact of solar photovoltaic power generation” constata-se que, a utilização de sistemas fotovoltaicos é suscetível de reduzir até um total acumulado de entre 69 a 100 milhões de toneladas de dióxido de carbono, entre 68 a 99 mil toneladas de dióxido de nitrogénio e entre 126 a 184 mil toneladas de dióxido de enxofre até 2030, o que demonstra visivelmente o papel positivo que a adoção destas energias assume no ambiente.

2.3. Estratégias de Incentivo à Descarbonização

A descarbonização é um processo necessário para enfrentar os desafios decorrentes das mudanças climáticas que ocorrem no nosso planeta e que passa pela adoção de estratégias políticas, programas e iniciativas que incentivam a redução das emissões de gases de efeito de estufa e, paralelamente, procuram promover a transição para uma economia mais sustentável.

São exemplos destas estratégias fundamentais para garantir um futuro mais sustentável e seguro para todos: o Protocolo de Quioto, o Acordo de Paris, e numa ótica nacional, o Plano Nacional de Energia e Clima e o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050.

2.3.1. Protocolo de Quioto

O Protocolo de Quioto constitui um acordo internacional assinado em 1997 e ratificado por inúmeros Estados, entre os quais, Portugal, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP3) realizada em Quioto, no Japão, cujo objetivo principal é reduzir as emissões de gases com efeito de estufa que causam o aquecimento global. Neste sentido, foram definidas metas de redução de emissões de gases de efeito estufa para os países industrializados, com base nos seus níveis de emissões em 1990 [6].

O Protocolo foi assinado por 175 países que se comprometeram a reduzir as suas emissões de gases de efeito estufa em pelo menos 5,2%, relativamente aos níveis apresentados em 1990, durante o período de 2008 a 2012. Adicionalmente, o acordo previa o estabelecimento de mecanismos de mercado para incentivar a redução de emissões, como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e o comércio de emissões, que permitiam que países em desenvolvimento tivessem a possibilidade de vender créditos de carbono gerados a partir de projetos que reduzissem as emissões de gases de efeito estufa [6].

No entanto, o Protocolo de Quioto enfrentou várias críticas por parte de alguns países, que argumentaram que as metas de redução de emissões eram insuficientes e que o acordo não incluía dois dos maiores emissores de gases de efeito estufa, os Estados Unidos e a China. Apesar das críticas, o Protocolo de Quioto constituiu um marco importante no que diz respeito ao caminho a percorrer contra as mudanças climáticas, na medida em que representa o primeiro acordo internacional a estabelecer metas obrigatórias de redução de emissões de gases de efeito estufa.

Em 2015, o Protocolo de Quioto foi substituído pelo Acordo de Paris que procurou impor metas mais ambiciosas e incluir a participação de todos os países, independentemente do seu status de desenvolvimento económico.

2.3.2. Acordo de Paris

Assinado em 2015, em França, durante a 21ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP21), o Acordo de Paris procura sobretudo limitar o aumento da temperatura média global a 1,5 graus Celsius, reconhecendo que isso reduzirá significativamente os riscos e impactos das alterações climáticas [7].

O Acordo de Paris é considerado um marco na política climática internacional por ser o primeiro acordo universal sobre mudanças climáticas que envolveu todos os países do mundo num esforço coletivo para enfrentar a crise climática. Contrariamente ao que sucedia com o Protocolo de Quioto, que estabeleceu metas obrigatórias apenas para os países desenvolvidos, o Acordo de Paris estabeleceu metas voluntárias de redução de emissões de gases de efeito estufa para todos os países.

Os países que aderiram ao Acordo de Paris comprometeram-se a apresentar os seus planos nacionais de redução de emissões, conhecidos como Contribuições Nacionalmente Determinadas (NDCs, na sigla em inglês), a cada cinco anos, planos estes que incluem algumas metas voluntárias de redução de emissões de gases de efeito estufa e medidas de adaptação às mudanças climáticas. Acresce, que o Acordo estabelece um processo de transparência e responsabilização para garantir que os países cumpram seus compromissos e que os seus objetivos sejam efetivamente cumpridos [7].

Desde a sua assinatura, o Acordo de Paris tem sido amplamente adotado por diversos Estados a nível mundial, razão pela qual continua a adquirir visibilidade enquanto um dos principais marcos na luta contra as mudanças climáticas.

2.3.3. Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050

Também designado por RNC2050, o Roteiro para a Neutralidade Carbónica representa um plano nacional a longo prazo que estabelece as metas e as estratégias para que o país alcance a neutralidade carbónica até 2050, o que implica que as emissões de gases com de efeito estufa tenham de ser reduzidas ao seu máximo e que as restantes emissões devam ser compensadas mediante medidas que promovam a remoção de dióxido de carbono da atmosfera.

O Roteiro para a Neutralidade Carbónica foi elaborado em consonância com o Acordo de Paris e com as diretrizes da União Europeia para a neutralidade carbónica, tendo o seu desenvolvimento sido feito em articulação com os trabalhos de preparação do Plano Nacional Energia e Clima (PNEC), que constitui um dos principais instrumentos de política energética e climática para a década 2020 a 2030, estabelecendo novas metas nacionais de redução de

emissões de GEE, de incremento ao recurso de energia renovável e de eficiência energética em linha com o objetivo de neutralidade carbónica [8].

As principais metas estabelecidas no RNC2050 são a redução das emissões de gases de efeito estufa em 85% a 90% até 2050, atingir um sistema elétrico 100% renovável em 2040, alcançar a neutralidade carbónica nos setores da energia, indústria e edifícios em 2050 e atingir a neutralidade carbónica no setor da agricultura e florestas até ao ano de 2040.

Portugal é um país com provas dadas em matéria de política climática, tendo cumprido com os objetivos definidos no âmbito do Protocolo de Quioto e encontrando-se em linha com o cumprimento das metas definidas de redução de emissões, de eficiência energética e de promoção das fontes de energia renovável.

O setor electroprodutor em 2020 é um dos principais emissores nacionais de gases com efeito de estufa GEE, contribuindo com cerca de 29% destes gases, e, como tal, deverá ser um dos principais contribuintes para a descarbonização. Acresce que, face ao papel expectável da eletrificação na descarbonização dos restantes setores, as emissões da produção de eletricidade terão também um contributo indireto muito significativo na descarbonização da economia em geral. Estes dois contributos para uma sociedade neutra em carbono remetem para a necessidade de progressivamente descontinuar a utilização de combustíveis fósseis na produção de eletricidade, em particular do carvão, tendo Portugal já assumido o compromisso de abandonar a produção de eletricidade a partir de carvão até 2030 [8], tendo conseguido em 2021 cumprir este compromisso.

O aumento de procura provocado por uma crescente eletrificação dos vários setores da sociedade ditará a necessidade de um substancial aumento da capacidade de produção renovável de eletricidade até 2050, sendo esta transição facilitada pela redução do custo das tecnologias de base renovável para a produção de eletricidade que se tem verificado nos últimos anos, principalmente nas tecnologias associadas ao solar fotovoltaico. É, aliás, esta redução de custos, associada à diminuição expectável do custo das soluções de armazenamento, que permitirá que as energias renováveis tenham uma participação próxima dos 100% na produção elétrica em 2050.

Pelos motivos elencados, é possível afirmar que o Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 de Portugal constitui um importante documento estratégico que orienta a transição energética e climática do país, contribuindo para o esforço global de mitigação das mudanças climáticas e redução da dependência de combustíveis fósseis.

2.3.4. Plano Nacional de Energia e Clima

O Plano Nacional de Energia e Clima, vulgarmente conhecido por PNEC, é um documento elaborado pelo Governo de cada país para orientar a sua transição energética e climática, no qual se estabelece medidas para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

O PNEC estabelecido para o período compreendido entre os anos de 2021 e 2030, em Portugal, foi aprovado em abril de 2021, tendo sido estabelecida uma meta de redução de emissões de gases de efeito estufa entre 45% e 55% em relação aos níveis apresentados em 2005 até 2030. Além disso, este plano define medidas e estratégias para alcançar essa meta, incluindo o aumento da produção de energia renovável, a promoção da eficiência energética e a redução do consumo de combustíveis fósseis.

No sentido de reforçar a capacidade instalada de origem renovável, em particular para o solar fotovoltaico, Portugal decidiu-se pela via dos leilões de atribuição de capacidade de receção na rede com três grandes objetivos: oferecer maior clareza e previsibilidade aos processos de licenciamento para produção de energia; criar um mecanismo de atribuição de capacidade que responda adequadamente ao facto de termos um recurso público escasso; e garantir que, por cada ponto de rede a leilão, os vencedores são os projetos que maior contribuição oferecem para baixar a tarifa de eletricidade paga pelos consumidores [9].

Com um sistema electroprodutor de base fortemente renovável, pretende promover-se e reforçar a utilização de eletricidade nos diferentes setores de atividade e da economia, designadamente na indústria e nos setores residenciais e dos serviços, ainda que haja uma maior tendência de particular enfoque no setor dos transportes.

2.4. Tecnologia Fotovoltaica Flutuante

A tecnologia fotovoltaica flutuante é uma abordagem inovadora para a instalação de sistemas solares fotovoltaicos em lagos, reservatórios e albufeiras. Assim, contrariamente aos sistemas fotovoltaicos tradicionais em que estes são instalados em telhados ou terrenos, os sistemas fotovoltaicos flutuantes são montados em plataformas flutuantes que são ancoradas ao fundo da massa de água em que tenham sido colocados.

Os componentes da tecnologia fotovoltaica flutuante são semelhantes aos de um sistema de energia solar convencional, sendo estes constituídos por painéis fotovoltaicos, estruturas flutuantes, cabos elétricos, um sistema de ancoragem e inversor.



Figura 1 – Sistema Fotovoltaico Flutuante da albufeira do Alqueva

2.4.1. Painéis fotovoltaicos

Os painéis solares utilizados nos sistemas fotovoltaicos flutuantes são semelhantes aos painéis solares usados nos sistemas terrestres. No entanto, existem algumas particularidades importantes que importam realçar, já que estes painéis necessitam de ser projetados para resistir às condições ambientais adversas, como a exposição prolongada à água, ventos fortes e ondas, razão pela qual estes painéis são geralmente construídos com materiais resistentes à corrosão e com uma estrutura flutuante que os mantém acima da superfície da água.

Estes painéis têm também de ser projetados para suportar mudanças extremas de temperatura, devido ao facto de a água absorver e dissipar o calor de uma forma diferente do que ocorre com o ar e com os sistemas convencionais. O design destes painéis deve ser um fator a ter em consideração, sendo normalmente utilizado um design modular, de painéis individuais, para a manutenção e reparo ser mais simples, uma vez que quando se afigura necessário a substituição poderá apenas substituir-se os painéis defeituosos, ao invés da substituição total do sistema [10].

2.4.2. Estruturas flutuantes

A estrutura flutuante é o componente que suporta os painéis fotovoltaicos e que os mantém acima da superfície da água. Esta estrutura é normalmente composta de materiais como o plástico, o alumínio ou o aço inoxidável, materiais estes que procuram garantir a maior durabilidade e segurança do sistema, sujeito a condições climáticas adversas fica exposto, como as ondas causadas pelo vento e a corrosão da estrutura pelo contacto com a água.

Estas estruturas são projetadas para facilitar a manutenção dos painéis solares, que podem ser facilmente removidos e substituídos, se necessário, por isso incluem passagens pedonais.

As estruturas flutuantes podem ser de diferentes tipos: a estrutura flutuante fixa que constitui uma estrutura projetada para permanecer imóvel num determinado local, sendo ancorada ao fundo da água impedindo que a estrutura flutuante possa sair do local para o qual foi dimensionada; a estrutura flutuante semifixa, ancorada somente a um ponto que permite um movimento, apesar de limitado, consoante as condições meteorológicas; e as estruturas flutuantes móveis, projetadas para se movimentarem com o vento e a corrente, o que pode aumentar a eficiência energética [10].



Figura 2 – Estrutura flutuante da instalação fotovoltaica flutuante do Alqueva

2.4.3. Cabos elétricos

Os cabos elétricos no sistema fotovoltaico flutuante constituem os componentes fundamentais uma vez que fornecem a ligação elétrica entre os painéis solares e o inversor.

Pela sua importância e pelas condições a que se encontram expostos, os cabos elétricos, do mesmo modo que outros componentes do sistema, têm de ser resistentes à água e à humidade, sendo especialmente fabricados para aguentar inúmeras variantes. Para além da resistência, os cabos têm de ser dotados de flexibilidade, uma vez que necessitam de se ajustar aos movimentos das estruturas flutuantes sem se danificarem, o que pode ser alcançado através da utilização de cabos construídos em espiral ou mediante o enrolamento, conforme demonstrado nas imagens abaixo.



Figura 3 – Exemplos de cabos elétricos de sistemas fotovoltaicos flutuantes

2.4.4. Ancoragem

Esta constitui um elemento crítico num parque fotovoltaico flutuante, sendo responsável por manter a plataforma no lugar para o qual foi idealizada, podendo ser construída com recurso a estacas, cabos de aço ou outros materiais dependendo das condições do fundo do corpo de água. É fundamental que a ancoragem seja corretamente dimensionada e que tenha o tipo de amarração adequado de modo a suportar as condições meteorológicas, designadamente do vento e da precipitação, assim como as condições do local, como as ondas da albufeira, com vista a que a estrutura flutuante não se desloque do local para que foi projetada.

A definição do sistema de ancoragem do projeto depende de várias características da albufeira tais como a sua topografia, a composição do solo, a variação do nível da água, a velocidade e direção do vento e as características de operação do reservatório. Relativamente aos tipos de ancoragem podem ser consideradas três alternativas: a ancoragem inferior ou de fundo, em que se recorre a extensores ou pesos; o banco de ancoragem ou, também designado, por ancoragem em bloco; e a ancoragem que recorre a pilares ou estacas para se manter no mesmo local [11].

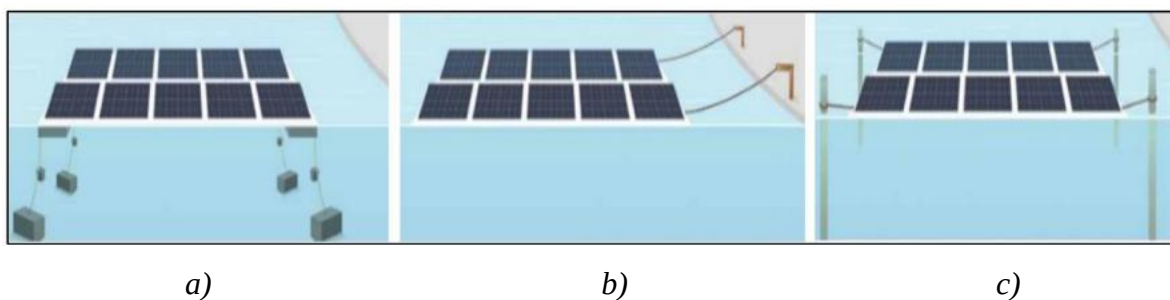


Figura 4 - Esquema dos tipos de ancoragem: a) Ancoragem inferior ou de fundo; b) Banco de ancoragem ou ancoragem em bloco; c) Ancoragem com pilares ou estacas

2.4.5. Inversor

O inversor representa o componente do sistema fotovoltaico flutuante responsável pela conversão da corrente contínua (DC) produzida pelos módulos fotovoltaicos em corrente alternada (AC) que pode ser utilizada na rede elétrica. Estes inversores têm outras funções importantes, designadamente a monitorização da produção de energia do sistema, garantir a segurança elétrica, proteger contra curto-circuitos e comunicar informações importantes a sistemas de monitorização remotos. Alguns inversores mais recentes possuem uma capacidade de armazenamento de energia em baterias ou a integração com sistemas de gerenciamento de energia.

Estes inversores são projetados para serem resistentes à água e à corrosão, e devem ser dimensionados de acordo com a capacidade de geração do sistema [12].

Existem dois tipos de arquiteturas de inversores, os inversores centrais e os inversores *string*. Os inversores centrais são maiores e normalmente são utilizados em sistemas de grande escala, como os sistemas fotovoltaicos flutuantes. Estes inversores são mais eficientes e têm um custo menor por Megawatt, ainda que impliquem um valor superior de instalação. Este tipo de inversor fornece monitorização e controlo centralizado para todo o sistema. De forma diversa, os inversores *string* são de menor dimensão e são utilizados em sistemas de menor escala, como instalações residenciais ou comerciais. Estes inversores são mais flexíveis, permitindo que os próprios proprietários dos sistemas fotovoltaicos adicionem ou removam os painéis facilmente, ainda que se revelem menos eficientes devido às perdas de tensão. Tal como os inversores centrais, estes inversores fornecem, do mesmo modo, a monitorização e o controlo.

2.5. Vantagens Instalação Fotovoltaica Flutuante

Os sistemas fotovoltaicos flutuantes adquirem cada vez mais popularidade enquanto opção para a geração de energia solar, especialmente em áreas nas quais a terra é escassa ou tem um custo elevado, para além de apresentarem diversas vantagens relativamente aos sistemas fotovoltaicos terrestres convencionais.

Uma das vantagens que se poderá apontar para a utilização destes sistemas é o aproveitamento de espaço. Este aproveitamento ocorre na medida em que a maioria das albufeiras possuem uma vasta área que não raras vezes não é utilizada para outras atividades, pelo que a instalação de painéis solares flutuantes nessas áreas pode maximizar a utilização destas mesmas albufeiras.

Além do aproveitamento do espaço, as instalações fotovoltaicas flutuantes permitem o aumento da eficiência da conversão de energia solar em energia elétrica, com o arrefecimento dos painéis com a água da albufeira.

Cumprir mencionar ainda que a instalação de painéis solares flutuantes em albufeiras ajuda a proteger a qualidade da água, evitando a evaporação excessiva e reduzindo a proliferação de algas; a reduzir os custos de energia elétrica, especialmente em localidades remotas ou isoladas, em que o acesso à rede elétrica pode ser escasso; e a reduzir a dependência de combustíveis fósseis caros e voláteis, uma vez que a energia solar é uma fonte de energia gratuita e ilimitada.

Finalmente, cabe mencionar que é evidente que constituindo a energia solar uma fonte de energia limpa e renovável, esta possibilita a redução da pegada de carbono e o combate às mudanças climáticas [13, 14, 15].

2.6. Leilões de Energia Solar

2.6.1. Estrutura de um Leilão de Energia Solar

O crescente interesse no desenvolvimento da geração de eletricidade renovável como forma de dar resposta ao cumprimento dos desígnios nacionais e europeus de descarbonização tem levando ao confronto de Portugal com um desafio: a escassez de disponibilidade na rede elétrica para ligação de mais centros electroprodutores, em conjugação com o elevado interesse privado de investimento no setor renovável.

Esta realidade conduziu a que o Governo definisse uma abordagem que permitisse assegurar o cumprimento das metas da forma mais custo-eficaz, leiloando pontos de ligação à rede onde existe disponibilidade ou está prevista expansão da rede.

Esta abordagem permite priorizar projetos que originem um maior benefício para o Sistema Elétrico Nacional (SEN) e que apresentem garantias de execução, garantido um mecanismo competitivo que tem o preço de remuneração de venda de eletricidade como critério, contribuindo assim para a redução da tarifa do consumidor. Esta solução beneficia ainda os investidores em projetos de eletricidade renovável, pois estabelece uma maior previsibilidade das receitas, reduzindo, deste modo, o risco associado ao custo de capital. Os leilões são divididos em 3 fases: a Qualificação, a Licitação e a Atribuição.

Na fase da qualificação os interessados especificam o volume de capacidade de injeção que pretendem adquirir nos lotes disponíveis, assim como o modelo de remuneração pretendido. Nesta primeira fase, os candidatos têm de pagar uma caução provisória de 10 000 € por unidade de capacidade de injeção na Rede Elétrica de Serviço Público (RESP) [16].

Por sua vez, a licitação é realizada mediante um leilão do “tipo relógio ascendente”, com múltiplas rondas sequenciais, em que os concorrentes fazem ofertas relativas aos pares preço/quantidade. Através das múltiplas rondas, o leilão de um lote fecha com a oferta do concorrente que apresentar maior contribuição para o SEN através da análise comparativa entre as modalidades disponíveis de remuneração.

Na fase da atribuição, e para efeitos de atribuição do título de reserva de capacidade de injeção na RESP, é solicitado aos vencedores o pagamento de uma caução definitiva, no valor de 60 000 € por unidade de potência de capacidade de injeção na RESP. Após o pagamento da caução, os vencedores recebem, por parte do Operador da RESP, um Título de Reserva de Capacidade para o respetivo lote e capacidade a que concorreram [16].

Este leilão tem como critério único de seleção o preço, vencendo o candidato que apresentar a oferta economicamente mais vantajosa para o SEN, determinada pela avaliação das contribuições oferecidas pelos concorrentes, num dos modelos de remuneração admitidos, convertido num Valor Atual Líquido, expresso em €/MW.

2.6.2. Leilão Solar 2019

Em 2019, Portugal realizou o primeiro leilão solar fotovoltaico, com um total de 1,4 GW repartidos por 24 lotes. Os resultados do primeiro leilão, garantiram os preços mais baixos da Europa e atingiram os mínimos mundiais de tarifa, 14,76 €/MWh, resultados estes que se traduziram em ganhos efetivos para os consumidores [17].

Os resultados alcançados permitem antever o potencial deste mecanismo em futuras licitações e do seu considerável (e necessário) contributo para atingir os objetivos nacionais em matéria de energias renováveis.

Este leilão foi dividido em 24 lotes com capacidades de receção disponível entre os 10MVA e os 150MVA para diferentes níveis de tensão entre os 60kV e 400kV.

Neste primeiro leilão de energia solar em Portugal existiram dois modelos de sistema de remuneração: Remuneração Geral e Remuneração Garantida.

No modelo de Remuneração Geral os participantes recebem o valor do preço de mercado por 15 anos, ainda que seja necessário um pagamento ao Sistema Elétrico Nacional.

Já no modelo de remuneração garantida, os participantes licitam um valor percentual de desconto de um determinado nível tarifário de modo a receber um prémio variável por diferenças durante 15 anos.

Este leilão de energia solar de 2019 foi considerado um marco importante na transição energética do país, que tem como meta a neutralidade carbónica até 2050 conforme supramencionado. O sucesso do leilão evidenciou o potencial da energia solar em Portugal e estimulou a realização de novos investimentos no setor.

2.6.3. Leilão Solar 2020

O Leilão de Energia Solar de 2020 em Portugal foi organizado pelo Governo português com o objetivo de contratar projetos de geração de energia elétrica a partir de fonte solar, com um total de 700 MVA de capacidade a injetar na rede de transmissão e distribuição. Do mesmo modo que no ano anterior, também este leilão atingiu a tarifa mais baixa a nível mundial, cerca de 11,14 €/MWh [17].

Este leilão estava distribuído por terrenos na zona sul do país, onde o índice de radiação solar é mais elevado. A Potência Total leiloada foi dividida em 12 lotes diferentes com capacidades de injeção entre os 10MVA e 100MVA.

Os projetos foram selecionados com base em critérios de competitividade e eficiência energética, sendo que os vencedores do leilão foram aqueles que ofereceram o menor preço pela energia gerada.

Este Leilão de 2020 ofereceu três modelos de remuneração para injeção de potência na rede: dois dos modelos apresentados são para os concorrentes que pretendem instalar um Centro Electroprodutor solar sem armazenamento e o outro modelo para os concorrentes que pretendem instalar um Centro Electroprodutor solar com armazenamento.

Para os concorrentes que pretendem instalar um Centro Electroprodutor solar fotovoltaico existiam as seguintes hipóteses:

- Prémio Variável por Diferenças: Neste modelo, o Titular, promotor ou adjudicatário, recebe um prémio variável, negativo (pagamento) ou positivo (recebimento), que permite igualar o preço de fecho do leilão, expresso em €/MWh, durante um período de 15 anos.
- Compensação Fixa ao Sistema Elétrico Nacional (SEN): Neste modelo, o Titular, promotor ou adjudicatário, paga o preço de fecho do leilão ao Sistema Elétrico Nacional, expresso em €/MW/ano, por contrapartida do preço resultante da colocação da produção em mercado, durante um período de 15 anos.

Para os concorrentes que pretendam instalar um Centro Electroprodutor solar que disponha de um sistema de armazenamento integrado existe apenas uma alternativa: o Prémio Fixo por Flexibilidade. Neste modelo, o Titular recebe o preço de fecho do leilão expresso em €/MW/ano e o preço resultante da colocação da produção em mercado, em que o mesmo remunera o sistema nas horas em que o preço resultante da colocação da produção de energia em mercado é superior ao preço de fecho do leilão.

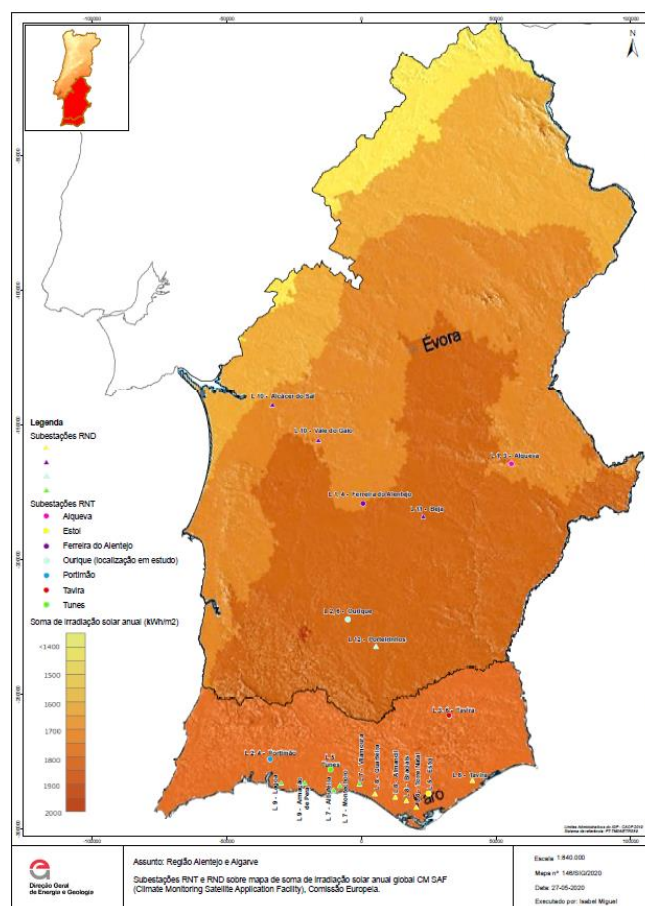


Figura 5- Distribuição dos lotes do leilão de 2020 [32]

2.6.4. Leilão Solar 2021

Em abril de 2022, Portugal realizou um leilão de energia solar flutuante, o primeiro deste tipo na Europa. O objetivo do leilão consistia em aumentar a capacidade de energia renovável no nosso país, especificamente a energia solar flutuante que, conforme vimos anteriormente, consiste na instalação de painéis solares em águas paradas, como lagos,

albufeiras e barragens. Este leilão foi um sucesso, tendo Portugal atingido um novo recorde ao registar o preço mais baixo de energia mundial, - 4,13 €/MWh [18].

Neste leilão estavam disponíveis sete albufeiras disponíveis: Alqueva, Castelo de Bode, Cabril, Alto Rabagão, Paradelas, Salamonde e Tabuaço, distribuídos segundo a figura 6.

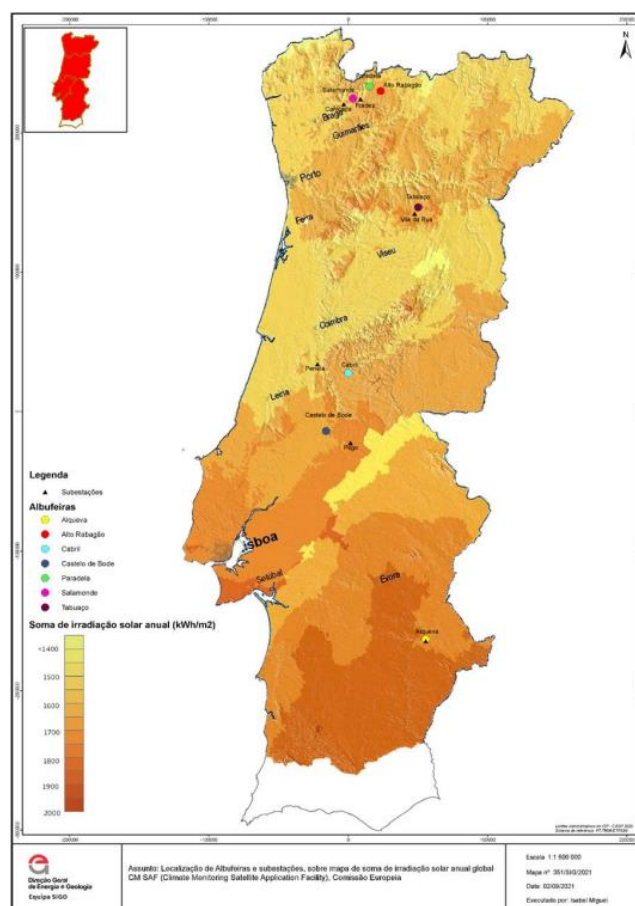


Figura 6 - Distribuição dos Lotes do Leilão de 2021 [33]

A capacidade de receção disponível para o conjunto dos sete Lotes era de 263 MVA. Os Lotes 1, 3, 4, 5, 6 e 7 registaram mais que uma intenção de aquisição e Lote 2 registou apenas uma intenção. Foram sujeitos a Leilão Eletrónico os Lotes 1, 3, 4, 5, 6 e 7, num total de 213 MVA, tendo sido atribuídos 183 MVA.

Ao Lote 1, que tinha uma capacidade disponível de 100 MVA, foram atribuídos 70 MVA, que tem associada outra potência renovável (eólica e solar), o que lhe permite apresentar a tarifa negativa, -4,13 €/MWh, ao abrigo de uma das modalidades previstas no leilão.

No Lote 2, a intenção de aquisição de capacidade de oferta de licitação foi de 50 MVA, tendo havido somente uma candidatura, pelo que o júri informou o concorrente que a

candidatura apresentada era única e que não seria submetida a leilão, tendo-lhe sido apresentada uma oportunidade de submissão da oferta de licitação melhorada em relação ao preço base de licitação no prazo de 5 dias úteis relativo ao dia do leilão.

Os modelos de remuneração oferecidos no leilão solar flutuante de 2021 foram dois dos três usados no leilão no ano anterior: o modelo de Compensação Fixa ao Sistema Elétrico Nacional (SEN) e o modelo de Prémio Variável por Diferenças.

3. Metodologia

Neste capítulo é explicada toda a teoria e modelização matemática necessária para a realização do caso de estudo, evidenciando o modelo matemático da célula fotovoltaica, com foco na utilização do efeito do vento e água para o cálculo da potência de saída, e a abordagem à avaliação económica, os seus conceitos e respetivos cálculos.

3.1. Comparação dos Modelos Matemáticos

A representação do comportamento de uma célula fotovoltaica através de circuitos elétricos equivalentes tornou-se um hábito bastante comum no estudo desta tecnologia. Os modelos que têm sido mais utilizados na indústria são o modelo simplificado de **1 diodo e 3 parâmetros** e o modelo simplificado de **1 diodo e 5 parâmetros**, abaixo representados na figura 7.

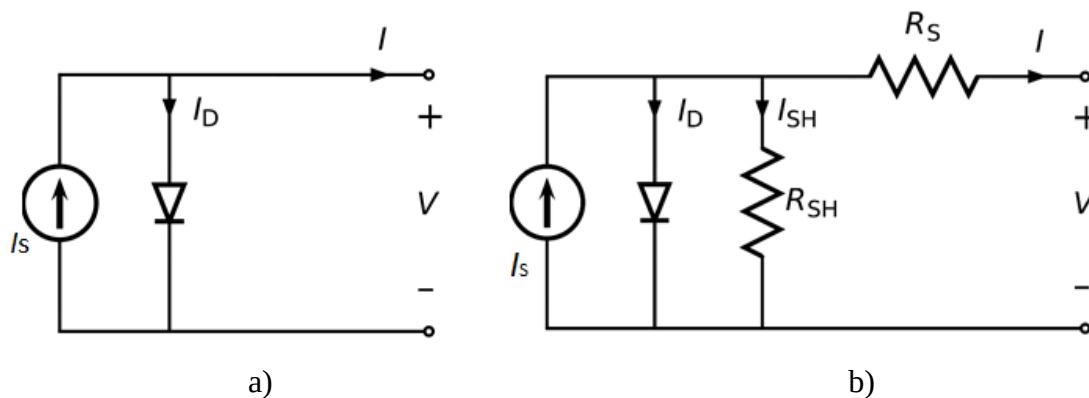


Figura 7 - Circuito Elétrico equivalente de uma célula Fotovoltaica, a) modelo de um diodo e três parâmetros b) modelo de um diodo e cinco parâmetros

O erro médio das estimativas do modelo de três parâmetros é menor do que o erro médio das previsões do modelo de cinco parâmetros. No entanto, para radiações mais baixas, o modelo de três parâmetros apresenta melhores resultados, enquanto o modelo de 5 parâmetros apresenta melhores resultados com radiações mais elevadas.

Do ponto de vista da energia estimada, o modelo de cinco parâmetros conduz a uma melhor previsão. Tal deve-se ao facto de as altas irradiâncias contribuírem de um modo mais significativo para o cálculo da energia produzida pelo sistema fotovoltaico.

O recurso a utilizar para esta energia renovável é o Sol, mas tudo o que se encontra entre ele e os módulos PV é bastante imprevisível, nomeadamente as nuvens que se formam.

Como tal, é necessário investir em modelos matemáticos muito precisos de modo a conseguir prever, da melhor forma, estes fenómenos meteorológicos, no entanto, estes continuam a apresentar erros de previsão bastante acentuados. Assim, o modelo escolhido para ser avaliado neste caso de estudo será o modelo de **um díodo e três parâmetros**, pois é o que apresenta um erro de previsão menor [19].

3.2. Desenvolvimento e Aplicação do modelo de um díodo e três parâmetros

A fonte de corrente I_s representa a corrente elétrica gerada pelo feixe de radiação luminosa, constituído por fotões, ao atingir a superfície ativa da célula (efeito fotovoltaico). A junção p-n funciona como um díodo que é atravessado por uma corrente interna unidirecional I_d , que depende da tensão V aos terminais da célula [20].

A I_d é traduzida pela expressão:

$$I_d = I_0 \left(e^{\frac{V}{mV_T}} - 1 \right) \quad (3.1.)$$

Em que,

- I_d - Corrente unidirecional [A];
- I_0 – Corrente inversa máxima de saturação do díodo [A];
- V – Tensão aos terminais [V];
- m - Fator de idealidade do díodo (díodo ideal $m=1$, díodo real $m>1$);
- V_t - Potencial térmico [V].

A corrente que se fecha pela carga entre os terminais e é dada por:

$$I = I_s - I_d = I_s - I_0 \left(e^{\frac{qV}{mkT}} - 1 \right) \quad (3.2.)$$

O potencial térmico é dado por:

$$V_T = \frac{kT}{q} \quad (3.3.)$$

- k – Constante de Boltzman ($1,38 \times 10^{-23}$ J/K);
- T – Temperatura absoluta da célula [K];
- q – Carga elétrica do eletrão ($1,6 \times 10^{-19}$ C).

Para condições de referência o potencial térmico é calculado da mesma forma que evidenciado na equação 3.3, no entanto, a temperatura absoluta da célula é dada em condições *STC* (*Standart Test conditions*) em Kelvin (298,16 K) ficando da forma:

$$V_T^r = \frac{kT^r}{q} \quad (3.4.)$$

As *STC*, normalizadas para a realização das medidas dos parâmetros característicos da célula, designadas condições de referência são: [20]

- Temperatura da célula: $\theta^r = 25\text{ °C} \equiv T^r = 298,16\text{ K}$;
- Irradiância incidente na célula, $G^r = 1000\text{ W/m}^2$.

Na sequência, as grandezas referenciadas pelo índice superior **r** consideram-se medidas nas condições de referência, *STC*.

3.2.1. Estudo dos pontos de funcionamento do modelo de 1 díodo e 3 parâmetros

Para as células fotovoltaicas existem dois pontos de funcionamento de interesse para este estudo: o curto-circuito exterior e o circuito aberto.

No caso do **Curto-circuito exterior**, a corrente de curto-circuito, I_{cc} , corresponde ao valor máximo da corrente e é medida na célula fotovoltaica quando a tensão elétrica nos seus terminais é igual a zero, sendo igual à corrente gerada pelo efeito fotovoltaico. Este dado é fornecido pelo fabricante para determinadas condições de radiação incidente e de temperatura, sendo que é um valor característico da célula fotovoltaica [21].

$$V = 0\text{ V} \quad (3.5.)$$

$$I_d = 0\text{ A} \quad (3.6.)$$

$$I = I_S = I_{cc} \quad (3.7.)$$

No caso do **Circuito aberto**, a tensão em vazio, V_{ca} , corresponde ao valor máximo da tensão aos terminais da célula quando não existe uma corrente elétrica a circular, sendo também a máxima tensão que uma célula fotovoltaica pode produzir. A tensão em vazio depende da

corrente de saturação (I_0), da corrente elétrica gerada (I_S) e da temperatura, como é possível observar na equação (3.9).

$$I = 0 \text{ A} \quad (3.8.)$$

$$V_{ca} = mV_T \ln \left(1 + \frac{I_S}{I_0} \right) \quad (3.9.)$$

A partir dos dados V_{CA} e I_{CC} podem ser calculados o fator de idealidade do díodo, m , e a corrente inversa de saturação I_0 . Estes dados, normalmente, são dados pelos fornecedores nas folhas de apoio das células.

Sabendo que:

$$I = I_S - I_0 \left(e^{\frac{V}{mV_T}} - 1 \right) \quad (3.10.)$$

Em curto-circuito:

$$I = I_S = I_{cc} \quad (3.11.)$$

Em circuito aberto:

$$I_0 = \frac{I_{cc}}{\left(e^{\frac{V_{CA}}{mV_T}} - 1 \right)} \quad (3.12.)$$

Com $I=0$ A:

$$0 = I_{cc} - I_0 \left(e^{\frac{V_{CA}}{mV_T}} - 1 \right) \quad (3.13.)$$

No ponto de potência máxima:

$$I_{MP} = I_{cc} - I_0 \left(e^{\frac{V_{MP}}{mV_T}} - 1 \right) \quad (3.14.)$$

Ao dividir-se as expressões 3.14 e 3.15 obtém-se:

$$1 - \frac{I_{MP}}{I_{cc}} = \frac{\left(e^{\frac{V_{MP}}{mV_T}} - 1 \right)}{\left(e^{\frac{V_{CA}}{mV_T}} - 1 \right)} \quad (3.15.)$$

Considerando que,

$$e^{\frac{V_{MP}^r}{mV_T}} \gg 1 \quad \text{e} \quad e^{\frac{V_{CA}^r}{mV_T}} \gg 1$$

Com o auxílio das equações anteriores é possível calcular o fator de idealidade:

$$m = \frac{V_{MP}^r - V_{CA}^r}{V_T \ln \left(1 - \frac{I_{MP}^r}{I_{cc}^r} \right)} \quad (3.16.)$$

3.3. Influência temperatura e da radiação incidente

A temperatura da célula e a radiação incidente influenciam de forma determinante o funcionamento da célula fotovoltaica. Nos dois pontos que se seguem é apresentada a forma como as grandezas características da célula fotovoltaica são afetadas pela temperatura e radiação ($G; \theta$).

3.3.1. Influência da temperatura da célula

A variação da temperatura ambiente implica numa variação de temperatura nas células fotovoltaicas que compõem os módulos. A figura 8 demonstra o comportamento da curva I-V sob a influência de diversas temperaturas da célula fotovoltaica em condições de irradiância STC, evidenciando que existe uma queda de tensão com o aumento da temperatura da célula.

Com o aumento na temperatura da célula a eficiência diminui. Esta atenuação da eficiência deve-se ao facto de a tensão da célula diminuir enquanto que o valor da corrente sofre um aumento quase desprezável.

Na figura 8 observa-se ainda que com o aumento da temperatura da célula:

- A potência de saída da célula decresce;
- A tensão de vazio, V_{ca} , decresce;
- A corrente de curto-circuito, I_{cc} , quase não varia, sendo desprezada nos cálculos.

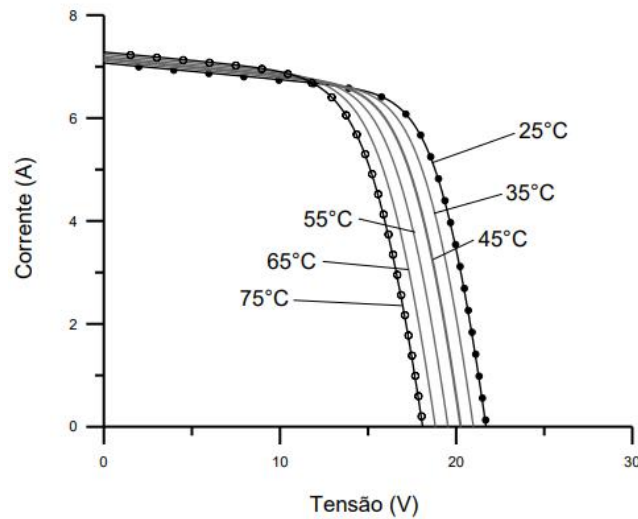


Figura 8 - Influência da temperatura da célula fotovoltaica na curva I-V nas condições de irradiância STC

Para representar o efeito da temperatura nas características dos módulos fotovoltaicos utilizam-se coeficientes de temperatura.

- O coeficiente β é calculado com base na variação da tensão;
- O coeficiente α é calculado com base na variação da corrente de curto-circuito;
- O coeficiente γ é calculado com base na variação da potência máxima.

A corrente inversa de saturação, I_0 , em quaisquer condições de funcionamento, pode ser obtida à custa da corrente inversa de saturação em condições STC.

$$I_0 = DT^3 e^{-\frac{\varepsilon}{m'V_T}} \quad (3.17.)$$

- I_0 – corrente inversa máxima de saturação do díodo;
- D – constante;
- ε – hiato do material característico da célula;
- m' – fator de idealidade equivalente;
- T – temperatura absoluta da célula [K];
- V_T – potencial térmico [V].

Em que,

$$m' = \frac{m}{N_{SM}} \quad (3.18.)$$

- m – fator de idealidade;
- N_{SM} – número de células ligadas em série.

O desconhecimento da constante D não é relevante, na medida em que a corrente inversa de saturação do díodo é conhecida, para as condições STC, o que permite estabelecer uma relação de I_0 como função da temperatura. Esta relação é representada pela seguinte expressão:

$$I_0 = I_0^r \left(\frac{T}{T^r} \right)^3 e^{\frac{\varepsilon}{m'} \left(\frac{1}{V_T^r} - \frac{1}{V_T} \right)} \quad (3.19.)$$

3.3.2. Influência da radiação incidente

A radiação incidente, do mesmo modo que a temperatura da célula, afeta o comportamento das células fotovoltaicas. A corrente elétrica gerada pela célula fotovoltaica aumenta linearmente com o aumento da radiação solar incidente, enquanto a tensão de vazio quase não sofre alteração, se a temperatura se mantiver no mesmo valor.

Da figura 9 concluímos o seguinte:

- A potência de saída da célula aumenta com o aumento da radiação incidente;
- A corrente de curto-circuito, I_{cc} , varia linearmente com a radiação incidente;
- A tensão em vazio, V_{ca} , varia pouco com a radiação incidente.

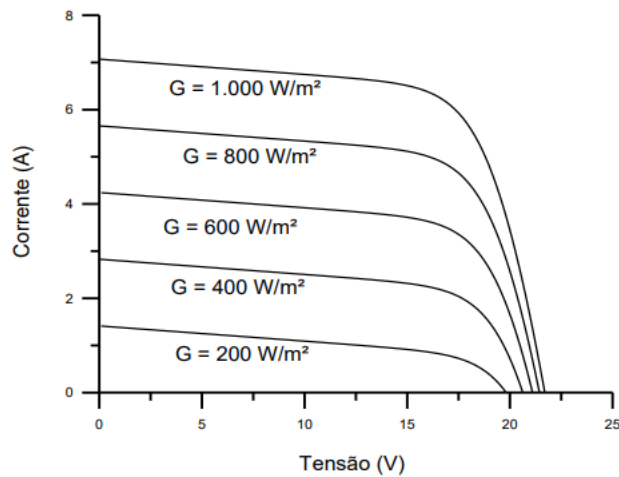


Figura 9 - Influência da radiação da célula fotovoltaica na curva I-V nas condições de irradiância STC

A corrente de curto-circuito da célula fotovoltaica é conhecida para as condições STC. Admitindo que esta é linear em relação à irradiância incidente,

$$I_{cc} = I_{cc}^r \left(\frac{G}{G^r} \right) \quad (3.20.)$$

3.4. Temperatura nominal de operação

A temperatura nominal para a operação das células tem de ser definida, pois as condições STC não representam, na sua maioria, condições operacionais reais. Esta temperatura nominal é a temperatura na qual as características elétricas estão mais próximas das características reais.

Cada módulo têm uma temperatura nominal, que pode ser encontrada nas folhas de dados técnicos identificada pela sigla NOCT (*Nominal Operating Cell Temperature*), que é obtida quando o módulo é exposto, em circuito aberto, a uma irradiância de 800 W/m² num ambiente com a temperatura do ar a 20°C e que sofre a ação do vento a 1m/s [22, 23].

Para módulos com os mesmos coeficientes de temperatura, aquele que apresentar menor NOCT apresenta um melhor desempenho, pois tem menos perdas associadas à temperatura.

3.4.1. NOCT *Standart Formula*

A equação para determinar o NOCT pode se escrever da seguinte forma:

$$\theta = \theta_a + \frac{G}{G_{NOCT}}(\theta_{NOCT} - \theta_{aNOCT}) \quad (3.21.)$$

Em que:

- θ_a – Temperatura ambiente[°C];
- G – Radiação incidente [W/m²];
- $G_{NOCT} = 800 \text{ W/m}^2$ – Irradiância em condições NOCT;
- $\theta_{aNOCT} = 20^\circ\text{C}$ – Temperatura em condições NOCT;
- θ_{NOCT} – Temperatura nominal de operação[°C].

A partir da equação do NOCT pode-se calcular o coeficiente térmico do módulo através da seguinte expressão:

$$k_t = \frac{\theta_{NOCT} - \theta_{aNOCT}}{G_{NOCT}} \quad (3.22.)$$

Em que:

- k_t – Coeficiente térmico para o módulo [°C/Wm⁻²].

3.5. Efeito do vento no arrefecimento das células

O efeito do vento na temperatura das células fotovoltaicas representa um papel importante na previsão da temperatura das mesmas. Existem vários modelos que permitem prever a temperatura de uma célula fotovoltaica, tais como o método *Skoplaki*, o método *Koehl*, o método *Mattei* e o método *Kurtz*. Todos estes métodos parametrizam a relação entre a temperatura, radiação solar e parâmetros meteorológicos relevantes.

Na presente dissertação irei descrever e aplicar o método *Skoplaki*.

3.5.1. Método *Skoplaki*

Este método junta a fórmula do NOCT com o efeito da velocidade do vento. O modelo considera, em adição à temperatura ambiente e à irradiância, a velocidade do vento (v) e as propriedades do módulo PV como a eficiência (η), o coeficiente de temperatura da potência máxima (γ), a transmitância da cobertura do sistema (τ) e o coeficiente de absorção das células (α) [24].

$$\theta = \theta_a + \frac{G}{G_{NOCT}} (\theta_{NOCT} - \theta_{aNOCT}) \frac{h_{wNOCT}}{h_w(v)} \left[1 - \frac{\eta^r}{\alpha\tau} (1 - \gamma^r \times \theta^r) \right] \quad (3.23.)$$

Em que,

- $\theta^r = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ – Temperatura nas condições STC [$^\circ\text{C}$];
- $\alpha\tau$ – Este valor, normalmente, é assumido como 0,9;
- h_{wNOCT} – Coeficiente de conversão da velocidade do em condições NOCT para $v_w = 1 \text{ [m/s]}$;
- h_w – Este valor é o coeficiente de conversão da velocidade do vento, que é tipicamente uma função linear da velocidade do vento v .

O valor de h_w , apresentado em m/s, pode ser parametrizado de duas formas:

$$h_w = 8,91 + 2,00v_f \text{ (Skoplaki 1)} \quad (3.24.)$$

$$h_w = 5,7 + 2,8v_w \text{ (Skoplaki 2)} \quad (3.25.)$$

Em que,

- v_f – velocidade do vento a 10m de altura em m/s;
- v_w – é a velocidade do vento perto do módulo.
 - Este valor é calculado por $v_w = 0,68v_f - 0,5$

3.5.2. Correção no valor do NOCT

Apesar do NOCT ser uma característica fornecida pelo fabricante do módulo, as condições nas quais estes se encontram podem ser notoriamente diferentes das de um painel fixo comum, principalmente devido ao efeito do clima presente no local da instalação. Por isso, o NOCT tem de ser recalculado para ser utilizado no cálculo anual da potência de PV flutuante. Partindo da equação 3.21, o valor do NOCT pode ser obtido por: [25]

$$\theta_{NOCT} = \theta_{aNOCT} + \frac{G_{NOCT}}{G} (\theta - \theta_a) \quad (3.26.)$$

Após se retirar os valores de irradiância e de temperatura ambiente da plataforma do *Photovoltaic Geographical Information System* (PVGIS), calculou-se o NOCT corrigido. Este é calculado por uma relação linear entre a diferença de temperaturas do módulo e ambiente ($\theta - \theta_a$) e a radiação global no plano inclinado do painel (G). Essa relação permite extrair uma reta de ajuste linear do tipo $y = mx + b$, onde x assume o valor da irradiância em condições NOCT, 800 W/m² [25].

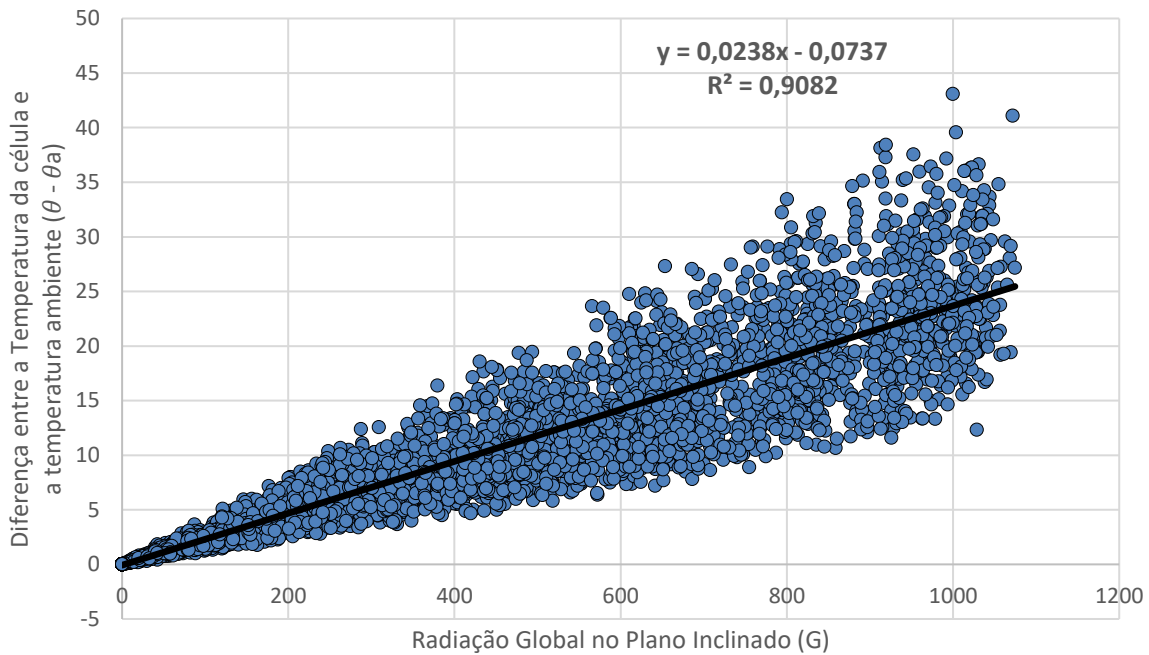


Figura 10 - Reta de ajuste linear para o recálculo do NOCT. Valores retirados do caso de estudo da Albufeira do Alqueva

Tem-se então que $\text{NOCT} = (0,0238 \times 800 - 0,0737) + 20 = 38,97 \text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo que o valor, retirado das folhas de apoio do módulo, é de 45 $^{\circ}\text{C}$. Isto significa que a temperatura de operação dos painéis na plataforma flutuante é, em média, 6,03 $^{\circ}\text{C}$ inferior do que seria se estes estivessem a operar nas condições STC.

Utilizou-se então o valor do NOCT corrigido.

3.6. Cálculo da Potência de saída – Módulo Fotovoltaico

A temperatura dos módulos e a temperatura ambiente afetam a eficiência de um módulo PV, uma vez que a tensão e a corrente do módulo dependem da temperatura [26].

Admitindo uma variação linear para a intensidade de corrente de máxima potência, idêntica à usada para a corrente de curto-circuito, é possível escrever-se:

$$I_{MP} = I_{MP}^r \frac{G}{G^r} \quad (3.27.)$$

A tensão de máxima potência pode ser calculada por:

$$V_{MP} = mV_T \ln \left(\frac{I_{cc} - I_{MP}}{I_0} \right) = mV_T \ln \left(\frac{G}{G^r} \times \frac{I_{cc}^r - I_{MP}^r}{I_0^r} \right) \quad (3.28.)$$

A potência máxima pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$P_{MP} = mV_T \ln \left[\frac{\frac{G}{G^r} (I_{cc}^r - I_{MP}^r)}{I_0^r \left(\frac{T}{T^r} \right)^3 e^{-\frac{N_S \varepsilon}{m V_T} \left(\frac{1}{V_T^r} - \frac{1}{V_T} \right)}} \right] I_{MP}^r \left(\frac{G}{G^r} \right) \quad (3.29.)$$

Admitindo a potência de saída como:

$$P_{DC} = P_{MP} \times N_m \quad (3.30.)$$

Para calcular a potência de saída alternada há que contabilizar o rendimento do inversor utilizado. Valor este fornecido pelo fabricante.

$$P_{AC} = P_{DC} \times \eta_{inv} \quad (3.31.)$$

Em que,

- P_{AC} – Potência elétrica de saída AC [W];
- P_{DC} – Potência elétrica de saída do sistema PV [W];
- η_{inv} – Rendimento do Inversor;
- N_m – Número total de módulos.

3.7. Cálculo da Potência de Saída - Aerogerador

A potência gerada pelo aerogerador é calculada com base na velocidade do vento e com base na equação obtida com o auxílio dos valores de potencia gerada fornecidos pelo fabricante, Vestas.

Velocidade do Vento (m/s)	Potencia gerada (MW)
3	0
3,5	0,0422
4	0,0933
4,5	0,1452
5	0,2113
5,5	0,2842
6	0,3909
6,5	0,4915
7	0,6011
7,5	0,7318
8	0,8845
8,5	1,0876
9	1,2471
9,5	1,4296
10	1,5943
10,5	1,7429
11	1,8612
11,5	1,9481
12	1,9933
12,5	2,0035

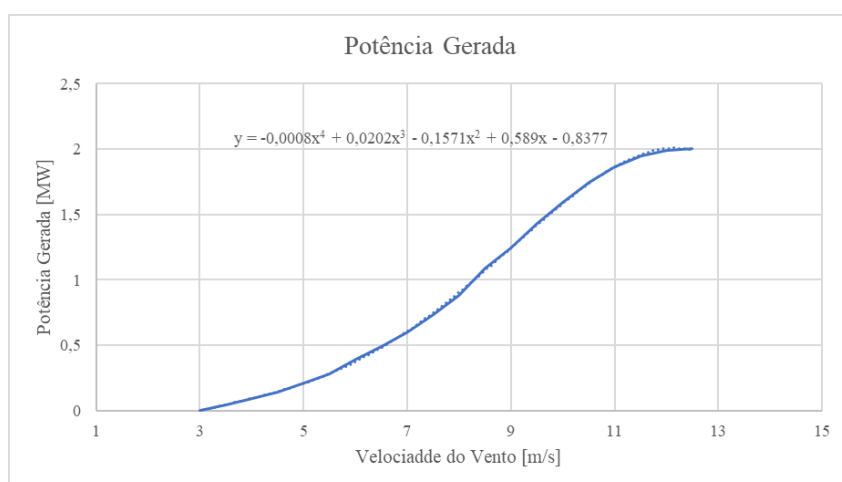


Figura 11 – Gráfico e obtenção da reta da Potência gerada por valor de Velocidade do vento

Tabela 1 – Dados de Potência gerada por valor de Velocidade do vento

Do gráfico apresentado na figura 11 retiramos a equação da potência gerada de saída que é dada por:

$$P_{aer} = \begin{cases} 0, & v \leq 3 \\ -0,0008v^4 + 0,0202v^3 - 0,1571v^2 + 0,589v - 0,8377, & 3 < v < 12 \\ 2, & v \geq 12 \end{cases} \quad (3.32.)$$

Em que:

- P_{aer} – Potência elétrica de saída [MW];
- v – Velocidade do vento [m/s].

3.8. Energia Anual Produzida

O cálculo da energia anual produzida, para o sistema fotovoltaico e para o sistema eólico, corresponde ao somatório das potências AC geradas hora a hora durante um ano:

$$E_a = \sum_{i=1}^n P_{AC} \times \Delta t_i \quad (3.33.)$$

Em que:

- E_a – Energia anual produzida [Wh];
- P_{AC} – Potência elétrica de saída AC [W];
- Δt_i – Intervalo de tempo [h];
- n – Número de períodos considerados.

Para o cálculo da energia anual produzida é necessário que a variável n tenha o valor do número de horas existentes num ano. Para o ano estudado n tem o valor de 8784 horas.

3.9. Cálculo das horas equivalentes de Produção anual no lote

O valor das horas equivalentes de potência é calculado com base na potência anual e com base na potência máxima produzida pelo módulo. Salientar que no programa de procedimento do leilão solar flutuante, é apresentado um número de horas equivalente de produção anual para cada lote, para maior rigor nos cálculos este valor foi calculado para cada lote. Este valor é calculado pela seguinte formula:

$$\text{Horas equivalentes de Produção anual} = \frac{E_a}{P_{\text{máx (módulo)}}} \quad (3.34.)$$

Em que:

- E_a – Energia anual produzida [Wh];
- $P_{\text{máx (módulo)}}$ – Potência máxima do módulo, valor fornecido pelo fabricante [W].

3.10. Número de Módulos Fotovoltaicos

O número de módulos a utilizar é calculado com base na potência adjudicada no lote e com base na Potência máxima do módulo, que é fornecida pelo fabricante (W), ou seja:

$$N_m = \frac{P_L}{P_{m\acute{a}x \text{ (m\acute{o}dulo)}}} \quad (3.35.)$$

Em que:

- N_m – Número de módulos a utilizar;
- P_L – Potência adjudicada no Lote [MW];
- $P_{m\acute{a}x \text{ (m\acute{o}dulo)}}$ – Potência máxima do módulo, valor fornecido pelo fabricante [W].

3.11. Número de Aerogeradores

O número de aerogeradores que são necessário é calculado com base na potência total e com base na Potência máxima gerada por aerogerador, que é fornecida pelo fabricante (W), ou seja:

$$N_{aerogeradores} = \frac{P}{P_{m\acute{a}x \text{ (aerogerador)}}} \quad (3.36.)$$

Em que:

- $N_{aerogeradores}$ – Número de aerogeradores a utilizar;
- P_L – Potência [MW];
- $P_{m\acute{a}x \text{ (aerogerador)}}$ – Potência máxima gerada pelo aerogerador, valor fornecido pelo fabricante [W].

3.12. Preço médio capturado

O preço médio é calculado com base no somatório da potência total, e com base nos preços de mercado, ou seja:

$$\text{Preço médio} = \frac{\sum_{i=1}^n (P_T \times N) \times P_{\text{mercado}}}{\sum_{i=1}^n (P_T \times N)} \quad (3.37.)$$

Onde:

- P_T – Potência média horária gerada por cada módulo PV/aerogerador [MW];
- N – Número de módulos fotovoltaicos / aerogeradores a utilizar;
- P_{mercado} – Preço do mercado por hora [€/MWh];
- n – Número de horas anuais [h];
- i – Período de tempo.

3.13. Avaliação económica

De forma a determinar a rentabilidade económica de um investimento é necessário realizar a sua avaliação económica, tendo em consideração os diversos indicadores económicos existentes. A viabilidade económica desses investimentos é condicionada principalmente pelos seguintes parâmetros: Investimento unitário por unidade de potência instalada [€/kW]; Número de horas de utilização anual de potência instalada; e as Condições do mercado financeiro.

3.14. Definições Gerais do Projeto

De modo a determinar a viabilidade económica do projeto é necessário atender aos seguintes aspetos:

- O tempo de vida útil considerado foi de 25 anos, correspondente à média da vida útil do módulo fotovoltaico escolhido;
- Os níveis de radiação para cada local dos lotes do leilão foram retirados através da plataforma do *Photovoltaic Geographical Information System* (PVGIS), esta disponibiliza a radiação solar entre 2006 e 2020. Foram retirados os valores de radiação para o ano de 2020;
- Valor do investimento realizado entre 600.000€/MW e 1.100.000€/MW, com incrementos em escalões de 100.000€/MW. Este valor mínimo estimado de

investimento foi conseguido segundo a notícia do jornal económica e as previsões do especialista António S. Costa [27];

- Investimento realizado no Lote 1 para um projeto com hibridização com valores entre 1.100.000€/MW e 1.600.000€/MW, com incrementos em escalões de 100.000€/MW, este valor é superior ao projeto sem hibridização pois é necessário ter em consideração os valores investidos no sistema eólico e solar terrestre adicionais;
- Para construir os cenários e cruzar com os vários níveis de investimentos foram calculados vários cenários de preços de mercados, como descrito no ponto 3.11. Estes preços de mercado podem variar porque dependem da potência gerada por hora em cada caso de estudo. Para cada caso de estudo foram calculados os seguintes cenários: Cenário Leilão Solar Flutuante de 2021, Cenário Média Anual 2019, Cenário Média Anual 2020, Cenário Média Anual 2021 e Cenário Média Anual 2022. Os valores dos preços de mercado para cada albufeira podem ser encontrados no Anexo III;

3.15. Preço de Venda

O preço de venda (€/MWh) utilizado na simulação será o preço fechado em leilão durante 15 anos e, após estes 15 anos, corresponderá ao preço médio calculado para cada cenário como descrito no ponto acima.

3.16. Receita Bruta

A receita bruta é definida pelo capital recebido pelos produtos ou serviços e terá o seguinte cálculo:

$$R_B = P_A \times \text{Preço médio} \quad (3.38.)$$

Em que:

- R_B – Receita Bruta [€];
- P_A – Produção Anual [MWh];
- P_v – Preço de venda [€/MWh].

3.17. Receita Líquida

A receita líquida é definida pelo fluxo monetário que sobra da receita bruta depois de retirados todos os custos ocorridos durante o período considerados, sendo que, neste caso, é calculada da seguinte forma:

$$R_L = R_B - C_{OM} \quad (3.39.)$$

Em que:

- R_L – Receita Bruta [€];
- R_B – Receita Bruta [€];
- C_{OM} – Custos de Operação e Manutenção [€].

3.18. *Cash-Flow*

A rentabilidade de um projeto resulta da comparação entre os *cash-flows* de exploração e de investimento, sendo estes de carácter previsional, o que implica que um projeto seja somente rentável no caso de o somatório dos *cash-flows* de exploração ser superior ao valor do somatório dos *cash-flows* de investimento. Foram considerados os seguintes tipos de *cash-flows* (CF): [28]

- *Cash-flow* de exploração (CFE) - Corresponde aos fluxos monetários, de entrada e saída, associados à exploração da atividade relacionada com a implementação do projeto;
- *Cash-flow* de investimento (CFI) - Obtém-se a partir do plano global de investimentos e corresponde às despesas destinadas ao financiamento e à implementação do projeto;
- *Cash-flow* global – Obtém-se a partir da diferença entre o *cash-flow* de exploração e o *cash-flow* de investimento feitos ao longo dos n anos considerados na vida útil do projeto;
- *Cash-flow* acumulado – Obtém-se a partir da soma do *cash-flow* atualizado de um determinado ano com o *cash-flow* acumulado do ano anterior. No primeiro ano é a soma do *cash-flow* atualizado com o investimento inicial.

3.19. Taxa de Atualização

A taxa de atualização, i , representa o custo do capital e o risco associado ao investimento e a remuneração que os investidores esperam receber por prescindirem do rendimento expectável de uma aplicação alternativa de risco equiparável.

A taxa de atualização ou taxa de desconto social, que podemos encontrar no “Programa do Procedimento”, está associada ao risco que os promotores incorrem sobre o futuro dos preços de mercado [29].

3.20. Indicadores de Rentabilidade

Quando é necessário tomar uma decisão de investir ou não investir num projeto é preciso avaliar alguns indicadores de rentabilidade para poder tomar a melhor decisão.

Os indicadores de rentabilidade considerados na avaliação económica e financeira dos casos de estudo foram os seguintes: [30]

- Valor Atual Líquido (VAL);
- Taxa Interna de Rentabilidade (TIR);
- Período de Recuperação do Capital Investido (*Payback Period*).

3.20.1. Valor Atual Líquido (VAL)

O Valor Atual Líquido, é apresentado em euros, e este corresponde ao cálculo da diferença dos valores atualizados de todas as despesas e receitas inerentes ao projeto [30].

O VAL de um projeto de investimento a n anos pode ser calculado por:

$$VAL = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} - Inv_0 \quad (3.40.)$$

Em que:

- t – Período de tempo, ano;
- Inv_0 – Investimento inicial ($t=0$);
- n – Número total de períodos da vida útil do projeto;
- i – Taxa de atualização;
- CF_t – *Cash-flow* gerado pelo projeto no período t .

3.20.2. Taxa Interna de Rentabilidade (TIR)

A Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) representa a rentabilidade gerada pelo investimento, ou seja, a taxa que o investidor obtém, em média a cada ano, sobre os capitais que estão investidos. [28] O cálculo da TIR faz-se por iterações, até se encontrar a taxa que iguala o VAL a zero, e a equação é dada por:

$$\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1 + TIR)^t} - Inv_0 = 0 \quad (3.41.)$$

Em que:

- t – Período de tempo, expresso em anos;
- Inv_0 – Investimento inicial ($t=0$);
- n – Número total de períodos da vida útil do projeto;
- CF_t – Cash-flow gerado pelo projeto no período t .

Como critério de decisão, deve-se escolher o projeto cuja TIR seja superior ao custo do capital próprio. Como critério de comparação deve decidir-se pelo projeto que tem um valor de TIR mais positiva, entre projetos que apresentem o mesmo grau de risco.

3.20.3. Período de Recuperação do Capital Investido (*Payback*)

O *Payback* é um indicador financeiro que determina o período de retorno do investimento efetuado, o que significa que demonstra a quantidade de tempo necessário para que os fluxos gerados pelo projeto cubram na totalidade o investimento que foi realizado para os obter [31].

Este indicador é utilizado quando há um risco associado na avaliação do projeto e, por isso, aceita-se quando o *Payback* for menor do que o período de vida útil do projeto.

4. Casos de Estudo

Apresentados os pontos teórico-práticos mais relevantes relativamente ao sistema fotovoltaico flutuante e evidenciadas as referidas formas de implementação do mesmo no território nacional, designadamente através da apresentação dos modelos adotados em Leilão, cumpre nesta fase proceder a uma simulação e estudo da viabilidade económica dos lotes adjudicados no Leilão Solar Flutuante de 2021, no qual será utilizada a Metodologia supramencionada e os cálculos apresentados no capítulo anterior, cálculos estes que constam dos Anexo I e II e que permitem uma análise do presente caso de forma mais detalhada.

4.1. Modelo Matemático Utilizado

A aplicação mais benéfica na utilização do Modelo de um díodo e três parâmetros é o cálculo da potência de saída da célula fotovoltaica para uma determinada temperatura e irradiância incidente.

Os valores característicos da célula nas condições STC são conhecidos e fornecidos pelos fabricantes dos módulos, disponíveis no catálogo, no Anexo VI. A sequência de cálculo utilizada para calcular a energia produzida é:

1. Através do *software* PVGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*) recolheu-se os dados de radiação, temperatura ambiente e velocidade do vento a 10m/s para cada um dos lotes que foram a leilão, hora a hora durante um ano, de modo a obter-se as a Irradiância e a temperatura.
2. Cálculo do potencial térmico em condições STC – Eq. (3.4.)
3. Cálculo do fator de idealidade do díodo– Eq. (3.16.)
4. Cálculo da temperatura de operação da célula (NOCT) – Eq. (3.21)
5. Cálculo da influência do vento na temperatura da célula – Eq. (3.23)
6. Cálculo da intensidade da corrente de máxima potência – Eq. (3.27.)
7. Cálculo da intensidade de corrente de saturação do díodo – Eq. (3.19.)
8. Cálculo da tensão de máxima potência – Eq. (3.28.)
9. Cálculo da potência de saída – Eq. (3.31.)
10. Cálculo da Energia produzida – Eq. (3.33.)

No que diz respeito ao cálculo de energia produzida é necessário ter em consideração os seguintes aspetos:

- A degradação dos painéis fotovoltaicos escolhidos é de aproximadamente 2% no primeiro ano, e de 0,55% anualmente entre o segundo ano e o final da vida útil do painel (25 anos), este valor foi retirado dos dados técnicos de um fabricante de módulos, que pode ser encontrado no Anexo VI;
- Foi utilizado um valor de NOCT (*Nominal Operating Cell Temperature*) de 38,97 °C, valor calculado no ponto 3.5.2;
- Foi utilizado um valor de Coeficiente de Temperatura para a potência máxima de -0,34 %/°C, este valor foi retirado dos dados técnicos de um fabricante de módulos, que pode ser encontrado no Anexo VI.

Para efeitos da análise da rentabilidade dos projetos é necessário ter presente os seguintes pontos:

- A taxa de atualização utilizada para ambos os modelos de remuneração de 4,22%;
- Foi utilizado como custos de Operação e Manutenção 1% do valor do investimento inicial.

4.2. Estudo de Viabilidade para o Leilão Solar Flutuante de 2021

Os lotes que serão estudados são os seguintes: [32]

Lotes	Albufeiras	Potência Adjudicada (MW)	Sistema de Remuneração	Preço [€/MWh]
1	Alqueva	70	Prémio Variável por Diferenças	-4,13
2	Castelo de Bode	50	-----	---
3	Cabril	33	Prémio Variável por Diferenças	41,03
4	Alto Rabagão	42	Compensação Fixa ao SEN	25,7
5	Paradela	13	Compensação Fixa ao SEN	2,27
6	Salamonde	8	Compensação Fixa ao SEN	4,49
7	Vilar Tabuaço	17	Compensação Fixa ao SEN	57,26
Total		233		

Tabela 2 - Resumo do Leilão Solar Flutuante de 2021

Relativamente ao Lote 2, a intenção de aquisição de capacidade de oferta de licitação foi de 50 MVA e tendo havido somente uma candidatura, nos termos do n.º 5 do artigo 16º e do artigo 17º do Programa do Procedimento, o Júri, dia 10 de março de 2022, informou o

concorrente que a candidatura apresentada era única, razão pela qual não seria submetida a leilão [33].

O resultado do leilão Solar Flutuante de 2021 encontra-se no Anexo VIII.

4.2.1.1. Compensação Fixa ao SEN

Neste modelo de compensação, como anteriormente referido, o Titular paga uma compensação fixa, o preço de fecho do leilão, ao Sistema Elétrico Nacional, por contrapartida do preço resultante da colocação da produção em mercado.

Foram adjudicados quatro lotes que usaram este modelo de remuneração: O Lote 4 (Albufeira do Alto Rabagão), o Lote 5 (Albufeira de Paradela), o Lote 6 (Albufeira de Salamonde) e o Lote 7 (Albufeira de Vilar Tabuaço).

De referir que este valor fixo a pagar ao SEN é só uma parcela, pois o promotor estará a vender a energia produzida ao preço que o mercado estiver no momento, ou seja, a receita do promotor é a que decorre da venda da energia produzida no mercado.

Para este modelo de compensação pretende-se analisar os resultados do Lote 4, localizado na albufeira do Alto Rabagão.

Alto Rabagão - Lote 4 (CF)		
Compensação Fixa ao SEN	45713,1	€/MW/ano
Potência	25,7	€/MWh
	42	MW
Cálculo da horas equivalentes Produção Anual	1542	h
Custos de Operação e Manutenção	1%	
Degradação dos Painéis	2% -1º Ano; 0,55% - Restantes	
Taxa de Desconto	4,22%	
Localidade	Alto Rabagão	

Tabela 3 – Dados do Lote 4 para o modelo de remuneração Compensação Fixa ao SEN

Na tabela 3 podemos observar os dados relativos ao Lote do Alto Rabagão. Este lote tem uma potência adjudicada de 42 MW, sendo que o valor que o titular terá de pagar ao SEN durante os primeiros 15 anos contratados será de 25,7 €/MWh. Na tabela podemos ainda verificar a percentagem dos custos de operação e manutenção, a percentagem de degradação dos painéis e a taxa de desconto aplicada nos cálculos, conforme descrito no ponto 3.20.

4.2.1.2. Preços médios capturados

Antes de analisar a viabilidade económica, foi necessário calcular os preços médios capturados para cada cenário, como descrito no ponto 3.13.

Preço Médio Capturado			
2019	2020	2021	2022
48,99 €	33,38 €	98,98 €	158,22 €

Tabela 4 – Preços médios Capturados Calculados para o Lote 4

Os preços médios calculados na tabela 4 foram utilizados como diferentes cenários na análise económica para o Lote 4.

Para analisar a viabilidade económica deste leilão foram estudados os seguintes indicadores de rentabilidade: Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), Valor Atual Líquido (VAL) e *Payback*.

4.2.1.3. Taxa Interna de Rentabilidade

Conforme descrito no capítulo anterior, a TIR representa o valor da taxa de atualização à qual os cash-flows são equivalentes às despesas de investimento, isto é, é o valor da taxa de atualização para a qual o VAL é nulo. Este indicador serve para avaliar se a rentabilidade do projeto é a que convém a um investidor, isto é, se a taxa de remuneração do capital investido é a adequada.

Na tabela 5, é possível observar os valores calculados para a TIR nos primeiros 15 anos contratualizados. É importante referir que para o preço de fecho de mercado os valores calculados da TIR estão significativamente abaixo de 0, sendo rejeitados logo à partida.

TIR (%)	15 Anos				
	Preço de Mercado (€/MWh)				
Valor de Investimento (€/MW)	25,70 €	33,38 €	48,99 €	98,98 €	158,22 €
600000	N/A	-24,72%	-5,07%	14,76%	31,45%
700000	N/A	-25,68%	-6,70%	11,69%	26,53%
800000	N/A	-26,48%	-8,05%	9,26%	22,75%
900000	N/A	-27,17%	-9,19%	7,27%	19,73%
1000000	N/A	-27,76%	-10,18%	5,60%	17,25%
1100000	N/A	-28,28%	-11,04%	4,17%	15,16%

Tabela 5 – Valores da TIR nos primeiros 15 anos – Lote 4

Segundo o modelo de remuneração aplicado a este lote o titular nos primeiros 15 anos terá de pagar um valor fixo anual ao Sistema Elétrico Nacional de 1.919.950,2 €/MW.

Verifica-se que para o prazo de 15 anos, o titular encontraria bons indicadores de TIR quando o preço de mercado atingisse os 98,98 €/MWh.

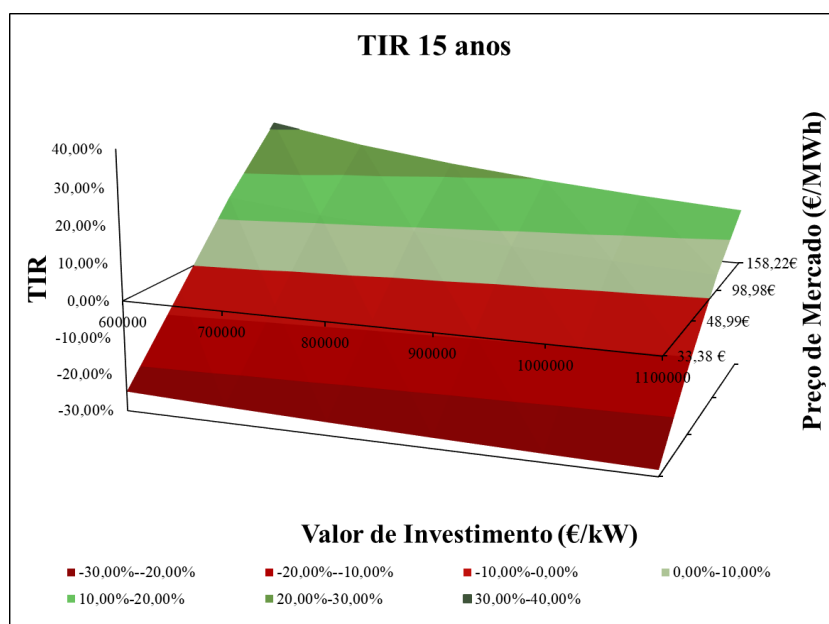


Figura 12 – Evolução da TIR nos 15 primeiros anos do projeto – Lote 4

Na avaliação da possibilidade de um investimento a longo prazo por parte do titular, é necessário ter em consideração os valores da Taxa Interna de Retorno (TIR) para um período de 25 anos que constam na tabela 6.

Casos de Estudo

TIR (%)	25 Anos				
	Preço de Mercado (€/MWh)				
Valor de Investimento (€/MW)	25,70 €	33,38 €	48,99 €	98,98 €	158,22 €
600000	-5,57%	-0,88%	3,95%	17,05%	32,02%
700000	-6,41%	-1,66%	2,82%	14,48%	27,37%
800000	-7,18%	-2,32%	1,88%	12,50%	23,88%
900000	-7,89%	-2,90%	1,09%	10,91%	21,15%
1000000	-8,55%	-3,41%	0,40%	9,60%	18,94%
1100000	-9,18%	-3,87%	-0,21%	8,48%	17,12%

Tabela 6 - Valores da TIR nos 25 anos de vida útil das células fotovoltaicas – Lote 4

Apesar de apresentar valores de TIR positivos para um preço de mercado 48,99 €/MWh, o projeto não se pode caracterizar como rentável, visto que os valores da TIR são inferiores da taxa de atualização, que é de 4,22%.

Verifica-se também que estes valores de TIR são mais positivos do que os valores calculados para um período de 15 anos, isto porque, segundo o modelo de remuneração aplicado a este lote, o titular nos primeiros 15 anos terá de pagar um valor fixo anual ao Sistema Elétrico Nacional de 1.919.950,2 €/MW e nos anos subsequentes o titular já não terá de pagar.

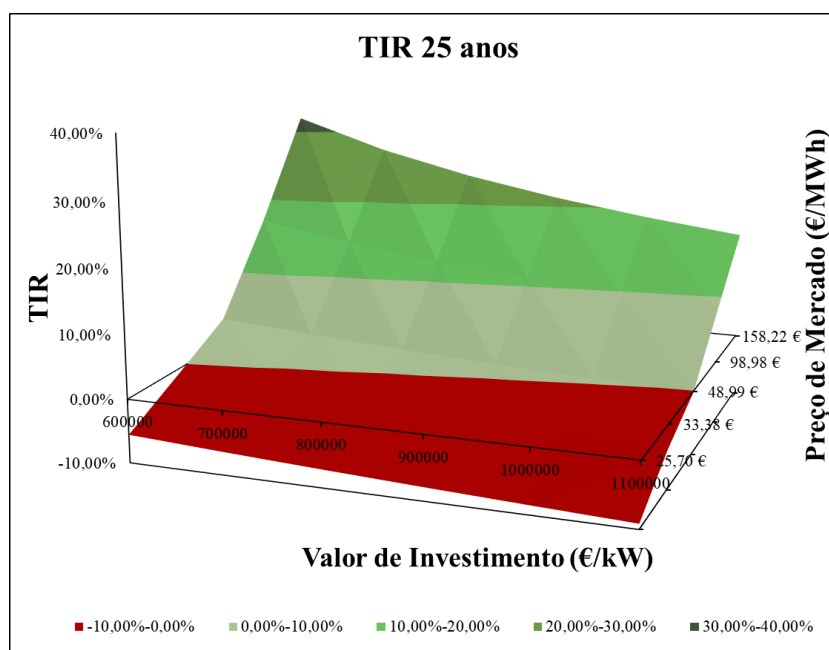


Figura 13 - Evolução da TIR nos 25 anos de vida útil das células fotovoltaicas – Lote 4

Verifica-se que para um preço de mercado de 98,98 €/MWh o titular teria bons indicadores para os diferentes níveis de investimento estudados.

Porém, não é representativo que se defina a rentabilidade do projeto apenas com a avaliação de um indicador económico, sendo necessário calcular em acréscimo o Valor Atual Líquido e o *Payback*.

4.2.1.4. Valor Atual Líquido

O Valor Atual Líquido corresponde ao cálculo do valor atualizado dos *Cash-Flows* presentes e futuros associados ao projeto, ou seja, à diferença dos valores atualizados de todas as despesas e receitas inerentes ao projeto.

Na tabela 7, é possível observar os valores calculados para o VAL nos primeiros 15 anos contratualizados.

VAL (Milhões de €)	15 Anos				
	Preço de Mercado (€/MWh)				
Valor de Investimento (€/MW)	25,70 €	33,38 €	48,99 €	98,98 €	158,22 €
600000	-31,60	-23,58	-13,03	20,77	60,83
700000	-36,26	-27,77	-17,22	16,59	56,65
800000	-40,92	-31,96	-21,41	12,40	52,46
900000	-45,58	-36,15	-25,60	8,21	48,27
1000000	-50,24	-40,34	-29,79	4,02	44,08
1100000	-54,90	-44,53	-33,98	-0,17	39,89

Tabela 7 - Valores do VAL nos primeiros 15 anos – Lote 4

É possível verificar que o promotor, nos primeiros 15 anos, encontra bons indicadores quando o valor do preço de mercado é de 98,98 €/MWh, tal como demonstrado no indicador económico da TIR.

Casos de Estudo

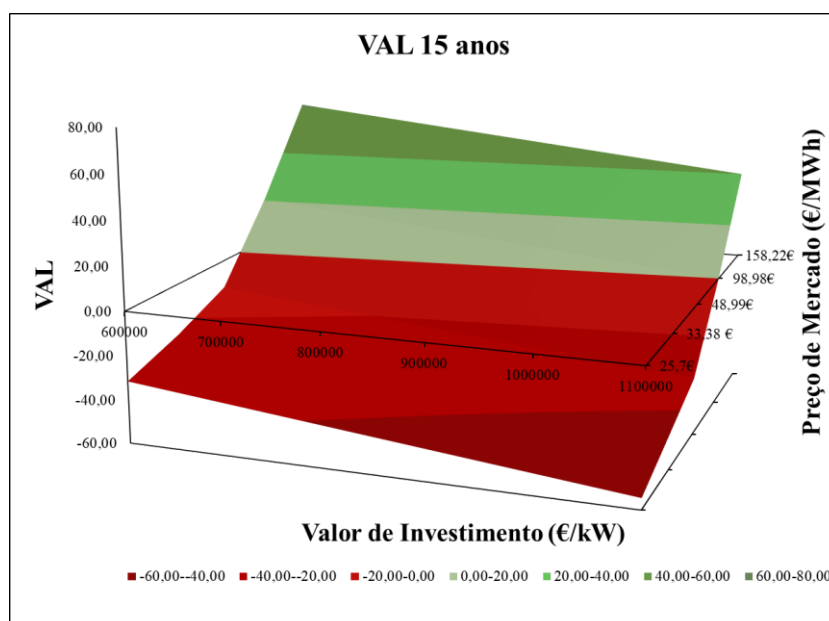


Figura 14 - Evolução do VAL nos 15 primeiros anos do projeto – Lote 4

Na avaliação da possibilidade de um investimento a longo prazo por parte do titular, é necessário ter em consideração os valores do Valor Atual Líquido (VAL) para um período de 25 anos que constam na tabela 8.

VAL (Milhões de €)	25 Anos				
	Preço de Mercado (€/MWh)				
Valor de Investimento (€/MW)	25,70 €	33,38 €	48,99 €	98,98 €	158,22 €
600000	-26,32	-15,29	-0,87	45,33	100,07
700000	-31,16	-19,47	-5,05	41,15	95,89
800000	-36,00	-23,66	-9,24	36,96	91,70
900000	-40,85	-27,84	-13,42	32,78	87,52
1000000	-45,69	-32,03	-17,61	28,59	83,33
1100000	-50,53	-36,21	-21,79	24,41	79,15

Tabela 8 - Valores do VAL nos 25 anos de vida útil das células fotovoltaicas – Lote 4

Verifica-se que os valores do VAL numa visão a 25 anos são bastante semelhantes aos valores para 15 anos, visto que o titular começa a obter indicadores positivos de rentabilidade quando o preço de mercado atinge os 98,98 €/MWh, com a exceção de que para um prazo de 25 anos o titular atinge valores de VAL positivos para todos os cenários de investimento.

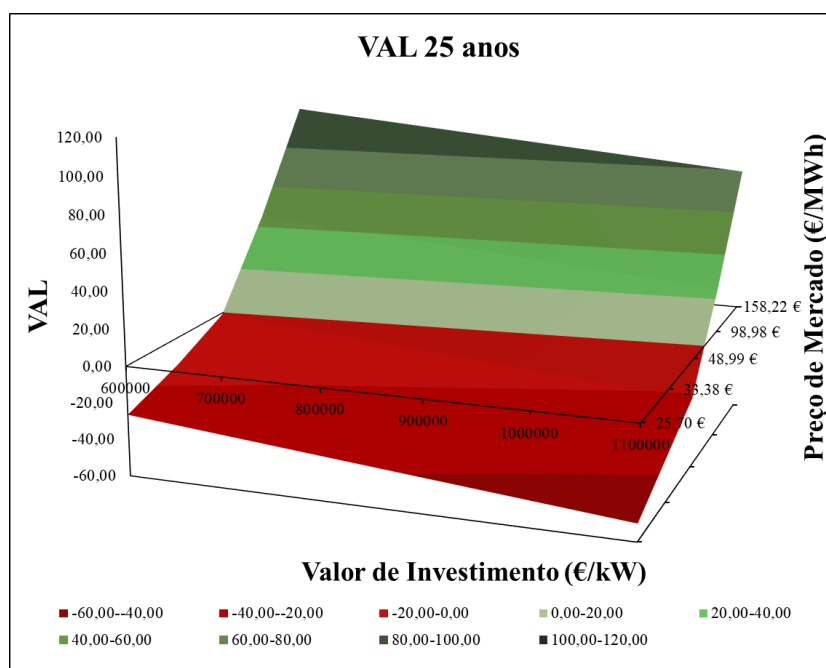


Figura 15 - Evolução do VAL nos 25 anos de vida útil das células fotovoltaicas – Lote 4

Durante o período de análise de 25 anos, fica evidente que, se o promotor tiver a intenção de realizar um investimento de longo prazo, terá maior retorno financeiro do que se realizar um investimento a 15 anos.

4.2.1.5. Payback

O Payback determina o período de retorno do investimento efetuado, ou seja, mostra quanto tempo é necessário para que os fluxos gerados pelo projeto cubram na totalidade o investimento que foi realizado.

Na tabela 9, é possível verificar o Payback calculado para cada um dos cenários.

Payback (Anos)	Preço de Mercado (€/MWh)				
Valor de Investimento (€/MW)	25,70 €	33,38 €	48,99 €	98,98 €	158,22 €
600000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	7 Anos	4 Anos
700000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	9 Anos	4 Anos
800000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	10 Anos	5 Anos
900000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	12 Anos	6 Anos
1000000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	14 Anos	6 Anos
1100000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	16 Anos	7 Anos

Tabela 9 - Payback do projeto – Lote 4

Verifica-se que, tal como observado na análise do VAL, o titular começa a obter rentabilidade no seu investimento quando o preço de mercado atingir 98,98 € por megawatt-hora (MWh).

Numa visão otimista dos preços de mercado, o promotor, se assim for do seu interesse, pode pensar num investimento a curto prazo, pois 15 anos seriam suficientes para pagar o seu investimento no Lote 4. Exceção no cenário de 1.100.000 €/MW, para um preço de mercado de 98,98 €/MWh em que o *Payback* aconteceria 1 anos após os 15 anos contratuais

Após a análise dos três indicadores económicos, retira-se que o cenário que traria um retorno mais precoce e como maior rentabilidade ao titular seria o investimento de 600.000 €/MW, com o preço de mercado a 158,22 €/MWh, durante o período de 25 anos.

4.2.2. Prémio Variável por Diferenças

Neste modelo de compensação, o Titular vende a sua energia produzida ao preço de fecho de leilão durante 15 anos.

Foram adjudicados dois lotes que usaram este modelo de remuneração: O Lote 1 (Alqueira do Alqueva) e o Lote 3 (Alqueira de Cabril).

Alqueira - Lote 1 (PVD)		
Preço Garantido	-4,13	€/MWh
Potência	70	MW
Ponto de Ligação	60	kV
Calulos da horas equivalentes Produção Anual	1831	h
Custos de Operação e Manutenção	1%	
Degradação dos Painéis	2% -1ºAno; 0,55% - Restantes	
Taxa de Desconto	4,20%	
Localidade	Alqueira	

Tabela 10 - Dados do Lote 1 para o modelo de remuneração Prémio Variável por Diferenças

Optei por estudar o Lote 1 do Alqueira, uma vez que para além deste lote ter alcançado o recorde mundial do menor preço de energia solar, -4,13 euros por MWh, foi o único lote no Leilão Solar Flutuante de 2021 no qual não foi adjudicada a capacidade total, tendo posteriormente o titular do lote (EDP Renováveis) utilizado a hibridização para otimizar a potencia vendida anual.

Segundo as informações retiradas do site do titular, para além dos 70 MW de energia solar flutuante adjudicada, o titular espera instalar 14 MW de sobreequipamento solar e hibridização de 70 MW de capacidade eólica. [34]

Neste lote a hibridização consiste da utilização da potência gerada pelos sistemas Fotovoltaico terrestre e Eólico como compensação quando a potência gerada pelo sistema fotovoltaico flutuante não atinge o valor total contratado de 70 MW.

Tal como referido no ponto 3.15, os valores de investimento para este lote também serão mais elevados, visto que estes têm de contemplar os investimentos no sistema Fotovoltaico e no sistema eólico adicionais.

4.2.2.1. Preços médios capturados

Previamente à análise da viabilidade económica, foi necessário calcular os preços médios capturados para cada cenário, conforme descrito no ponto 3.13.

No caso deste lote foram calculados estes preços para a produção solar flutuante, produção fotovoltaica terrestre e a produção eólica.

Preços médios Capturados			
2019	2020	2021	2022
48,80 €	33,09 €	100,82 €	156,27 €

Tabela 11 – Preços médios capturados calculados para o sistema solar flutuante

Preços médios Capturados			
2019	2020	2021	2022
48,80 €	33,09 €	100,82 €	156,27 €

Tabela 12 - Preços médios capturados calculados para o sistema solar terrestre

Preços médios Capturados			
2019	2020	2021	2022
48,13 €	30,28 €	107,15 €	172,09 €

Tabela 13 - Preços médios capturados calculados para o sistema eólico

Conforme é possível observar os preços do sistema solar flutuante e do sistema solar terrestre são idênticos, sendo os preços capturados para o sistema eólico mais altos para os anos de 2021 e de 2022.

Os preços médios capturados nas tabelas foram utilizados para calcular os diferentes cenários na análise econômica para o Lote 1.

4.2.2.2. Cálculo da percentagem Anual desperdiçada pelos sistemas

Em concordância com o que foi anteriormente referido, o Titular para o Lote 1 vai utilizar um sistema com hibridização sendo que, na medida em que a potência total instalada é superior à potência total contratada, foi necessário calcular a percentagem de energia que não será injetada na rede, isto é, a energia que será desperdiçada.

Foi calculada a Energia Anual produzida pelos 3 sistemas, resultante do somatório da potência gerada horaria para os três sistemas em estudo. Após obter este valor, foi calculado o excedente anual, que representa a potência que não será vendida, e neste caso desperdiçada.

A percentagem anual desperdiçada é calculada com base na Energia Anual produzida e com base no excedente anual, sendo o valor de 4,66%, conforme demonstrado pelos cálculos que se comprovam no Anexo V.

4.2.2.3. Cálculo da receita bruta total do projeto

Para os cálculos da receita bruta utilizou-se o mesmo método que para os restantes lotes, com exceção de que para este lote foi necessário calcular primeiramente a receita de cada sistema e, posteriormente, calcular a receita bruta total através da soma das receitas brutas dos sistemas em análise. A este valor de receita bruta foi necessário retirar a percentagem de energia que foi desperdiçada.

4.2.2.4. Taxa Interna de Rentabilidade

Nas tabelas abaixo indicadas, é possível observar os valores calculados para a TIR nos primeiros 15 anos contratualizados, para um projeto sem utilização de hibridização e um projeto com hibridização.

Casos de Estudo

TIR (%)	Sem Hibridização				
	15 Anos				
	Preços de Mercado (€/MWh)				
Valor de Investimento (€/MW)	-4,13 €	33,09 €	48,80 €	100,82 €	156,27 €
600000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
700000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
800000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
900000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1000000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1100000	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabela 14 - Valores da TIR para o projeto sem hibridização nos primeiros 15 anos– Lote 1

TIR (%)	Com Hibridização				
	15 Anos				
	Preço de Mercado (€/MWh)				
Valor de Investimento (€/MW)	-4,13 €	33,09 €	48,80 €	100,82 €	156,27 €
1100000	-22,94%	-22,94%	-17,98%	-2,76%	4,53%
1200000	-24,85%	-24,85%	-19,33%	-3,94%	3,15%
1300000	-27,00%	-27,00%	-20,66%	-5,00%	1,92%
1400000	N/A	N/A	-22,00%	-5,97%	0,81%
1500000	N/A	N/A	-23,39%	-6,86%	-0,20%
1600000	N/A	N/A	-24,85%	-7,69%	-1,12%

Tabela 15 – Valores da TIR para o projeto com hibridização nos primeiros 15 anos – Lote 1

Conforme é possível observar pela tabela 14 os valores de TIR para um projeto sem hibridização estão muito abaixo de 0, rejeitados logo à partida, sendo estes representados na tabela com Não Aplicáveis (N/A). Este valor é bastante reduzido, uma vez que neste período o titular necessita de pagar o valor contratualizado de 4,13 €/MWh ao Sistema Elétrico Nacional.

Com a possibilidade de hibridização do sistema fotovoltaico flutuante com o sistema fotovoltaico terrestre e o sistema eólico, o titular conseguiu atingir valores de TIR positivos nos primeiros 15 anos, pois a energia produzida pelos sistemas fotovoltaicos terrestre e eólico não entram para o leilão, sendo vendidos ao preço de mercado.

Casos de Estudo

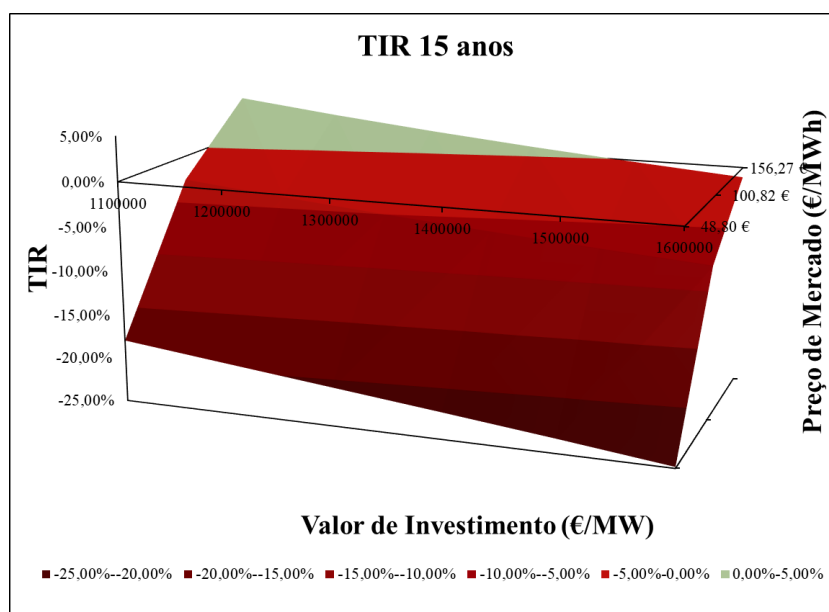


Figura 16 - Evolução da TIR nos 15 primeiros anos para um projeto com hibridização – Lote 1

Pela leitura do gráfico é possível observar que os preços de mercado de -4,13 €/MWh e 33,09 €/MWh não estão apresentados, o que se deve ao facto de estes terem uma dimensão significativamente reduzida. Não foi apresentado o gráfico para um projeto sem hibridização uma vez que os valores são demasiado pequenos para serem representados.

Observa-se então que, pelos valores obtidos da TIR para um projeto com hibridização, o titular só encontraria um indicador positivo e seria quando o preço de mercado atingisse os 156,27 €/MWh.

Na avaliação da possibilidade de um investimento a longo prazo por parte do titular, é necessário ter em consideração os valores da Taxa Interna de Retorno (TIR) para um período de 25 anos que constam na tabela 16 e 17.

VAL (Milhões de €)	Com Hibridização				
	25 Anos				
	Preço de Mercado (€/MWh)				
Valor de Investimento (€/MW)	-4,13 €	33,09 €	48,80 €	100,82 €	156,27 €
1100000	-71,44	-54,03	-38,39	33,89	106,70
1200000	-79,51	-62,10	-46,46	25,83	98,63
1300000	-87,58	-70,17	-54,53	17,76	90,56
1400000	-95,65	-78,24	-62,60	9,69	82,49
1500000	-103,72	-86,31	-70,66	1,62	74,42
1600000	-111,79	-94,38	-78,73	-6,45	66,35

Tabela 16 - Valores do VAL para 25 anos num projeto sem hibridização – Lote 1

Casos de Estudo

TIR (%)	Com Hibridização				
	25 Anos				
	Preço de Mercado (€/MWh)				
Valor de Investimento (€/MW)	-4,13 €	33,09 €	48,80 €	100,82 €	156,27 €
1100000	-12,56%	-2,29%	0,26%	6,93%	11,62%
1200000	-13,98%	-2,87%	-0,32%	6,17%	10,67%
1300000	-15,59%	-3,41%	-0,85%	5,50%	9,83%
1400000	-17,62%	-3,91%	-1,35%	4,88%	9,09%
1500000	N/A	-4,38%	-1,80%	4,33%	8,41%
1600000	N/A	-4,82%	-2,23%	3,81%	7,80%

Tabela 17 - Valores do VAL para 25 anos num projeto com hibridização – Lote 1

Verifica-se que para o período de 25 anos, ambos os projetos apresentam valores de TIR positivos quando o preço de mercado atinge os 100,82 €/MWh.

Apesar de apresentar valores de TIR positivos para um preço de mercado de 100,82 €/MWh, o projeto sem hibridização não se pode caracterizar como rentável, visto que os valores da TIR são inferiores da taxa de atualização, que é de 4,22%.

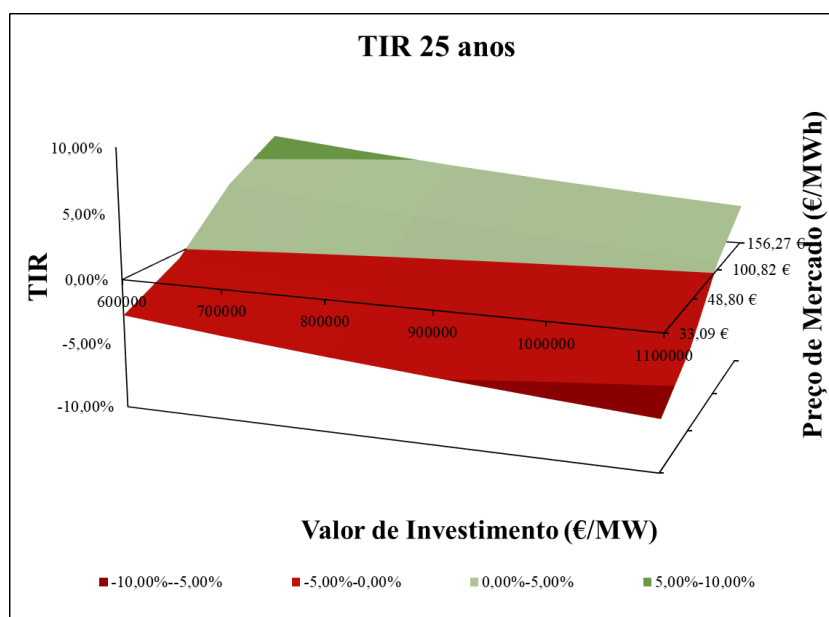


Figura 17 - Evolução da TIR para 25 anos num projeto sem hibridização – Lote 1

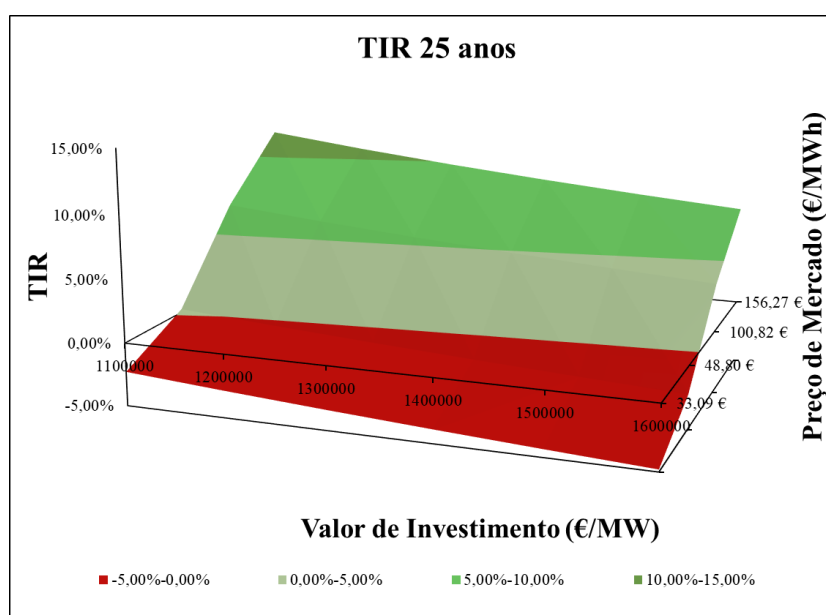


Figura 18 - Evolução da TIR para 25 anos num projeto com hibridização – Lote 1

Verifica-se também que estes valores de TIR se apresentam visivelmente mais apelativos do que os valores calculados para um período de 15 anos, o que se justifica na medida em que, segundo o modelo de remuneração aplicado a este lote, o titular nos primeiros 15 anos terá de pagar um valor de 4,13€ por cada megawattthora produzido pelo sistema flutuante, e nos anos subsequentes o titular já não teria de pagar este valor.

Porém, conforme apresentado no caso de estudo anterior, não é representativo que se defina a rentabilidade do projeto apenas com a avaliação de um indicador económico, sendo necessário calcular em acréscimo o Valor Atual Líquido e o *Payback*.

4.2.2.5. Valor Atual Líquido

Nas tabelas abaixo, é possível observar os valores calculados para o VAL nos primeiros 15 anos contratualizados, para um projeto sem utilização de hibridização e um projeto com hibridização.

Casos de Estudo

	Sem Híbridização				
VAL (Milhões de €)	15 Anos				
	Preços de Mercado (€/MWh)				
	-4,13	33,09 €	48,80 €	100,82 €	156,27 €
Valor de Investimento (€/MW)					
600000	-52,13	-52,13	-52,13	-52,13	-52,13
700000	-59,89	-59,89	-59,89	-59,89	-59,89
800000	-67,66	-67,66	-67,66	-67,66	-67,66
900000	-75,43	-75,43	-75,43	-75,43	-75,43
1000000	-83,19	-83,19	-83,19	-83,19	-83,19
1100000	-90,96	-90,96	-90,96	-90,96	-90,96

Tabela 18 - Valores do VAL para o projeto sem hibridização nos primeiros 15 anos – Lote 1

	Com Híbridização				
VAL (Milhões de €)	15 Anos				
	Preço de Mercado (€/MWh)				
	-4,13 €	33,09 €	48,80 €	100,82 €	156,27 €
Valor de Investimento (€/MW)					
1100000	-72,94	-72,94	-68,25	-32,24	1,68
1200000	-80,71	-80,71	-76,02	-40,00	-6,09
1300000	-88,47	-88,47	-83,79	-47,77	-13,85
1400000	-96,24	-96,24	-91,55	-55,53	-21,62
1500000	-104,01	-104,01	-99,32	-63,30	-29,39
1600000	-111,77	-111,77	-107,09	-71,07	-37,15

Tabela 19 - Valores do VAL para o projeto com hibridização nos primeiros 15 anos – Lote 1

Como é possível constatar com recurso à tabela 18, o comportamento de VAL para um projeto sem hibridização é inversamente proporcional ao valor de investimento por parte do titular do lote, o que implica que, quanto maior o investimento, menor o valor do VAL, comportamento este que se justifica pelo facto do titular ter de pagar 4,13 € por megawatt-hora durante os 15 primeiros anos contratualizados.

Casos de Estudo

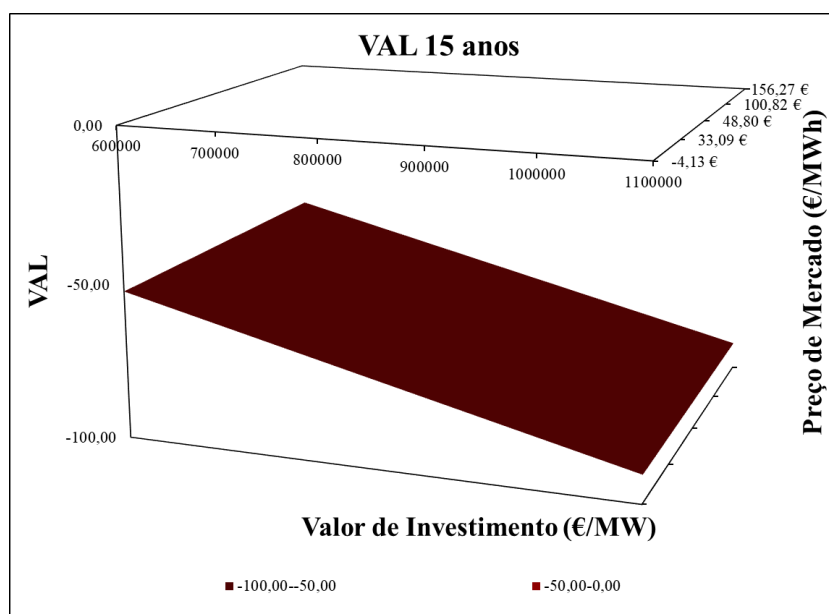


Figura 19 - Evolução do VAL nos 15 primeiros anos para um projeto sem hibridização – Lote 1

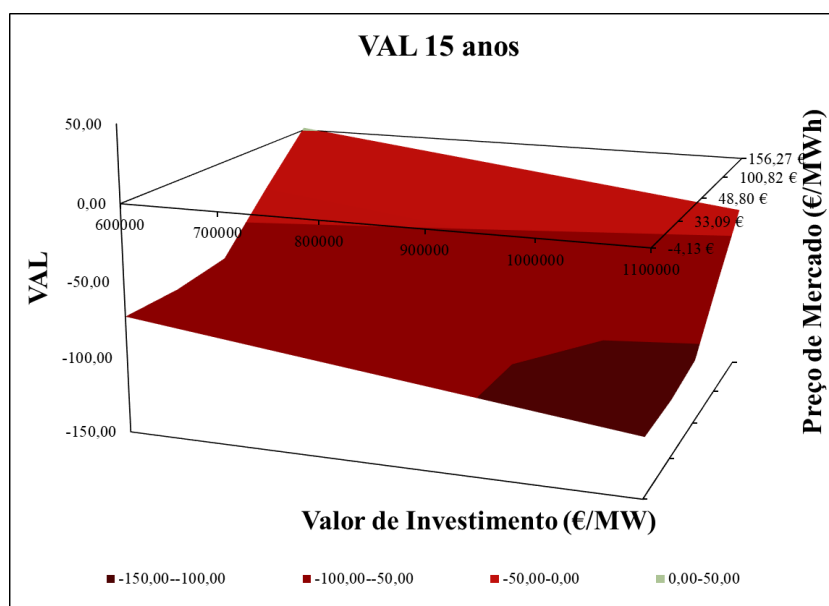


Figura 20 - Evolução do VAL nos 15 primeiros anos para um projeto com hibridização – Lote 1

Conforme é possível observar pela tabela 19 e pelo gráfico da figura 19, o titular dificilmente conseguiria obter rentabilidade para um projeto a 15 anos, mesmo com recurso à hibridização dos três sistemas em estudo, visto que os do VAL, quase desprezáveis, só seriam positivos para um preço de mercado muito otimista de 156,27 €/MWh.

Na avaliação da possibilidade de um investimento a longo prazo por parte do titular, é necessário ter em consideração os valores do Valor Atual Líquido (VAL) para um período de 25 anos que constam nas tabelas 20 e 21.

VAL (Milhões de €)	Sem Hibridização				
	25 Anos				
	Preços de Mercado (€/MWh)				
Valor de Investimento (€/MW)	-4,13 €	33,09 €	48,80 €	100,82 €	156,27 €
600000	-55,97	-37,71	-30,00	-4,48	22,72
700000	-64,03	-45,77	-38,07	-12,55	14,66
800000	-72,10	-53,84	-46,13	-20,62	6,59
900000	-80,17	-61,91	-54,20	-28,68	-1,48
1000000	-88,24	-69,98	-62,27	-36,75	-9,55
1100000	-96,31	-78,05	-70,34	-44,82	-17,62

Tabela 20 - Valores do VAL para 25 anos num projeto sem hibridização – Lote 1

VAL (Milhões de €)	Com Hibridização				
	25 Anos				
	Preço de Mercado (€/MWh)				
Valor de Investimento (€/MW)	-4,13 €	33,09 €	48,80 €	100,82 €	156,27 €
1100000	-71,44	-54,03	-38,39	33,89	106,70
1200000	-79,51	-62,10	-46,46	25,83	98,63
1300000	-87,58	-70,17	-54,53	17,76	90,56
1400000	-95,65	-78,24	-62,60	9,69	82,49
1500000	-103,72	-86,31	-70,66	1,62	74,42
1600000	-111,79	-94,38	-78,73	-6,45	66,35

Tabela 21 - Valores do VAL para 25 anos num projeto com hibridização – Lote 1

Analisando a possibilidade um investimento a longo prazo, é possível observar pelos valores calculados do VAL, que o titular para um projeto sem hibridização já obtém valores positivos de rentabilidade, para um preço de mercado de 156,27 €/MWh.

Se o titular optar por investir num projeto com hibridização os valores de rentabilidade serão mais otimistas, visto que poderá ponderar mais cenários de investimento, bem como outro cenário de preço de mercado.

É possível concluir-se com análise das tabelas 20 e 21 que o investimento que traria um maior retorno para o titular seria um projeto com hibridização com um investimento de 1.100.000 €/MW para um preço de mercado fixado nos 156,27 €/MWh.

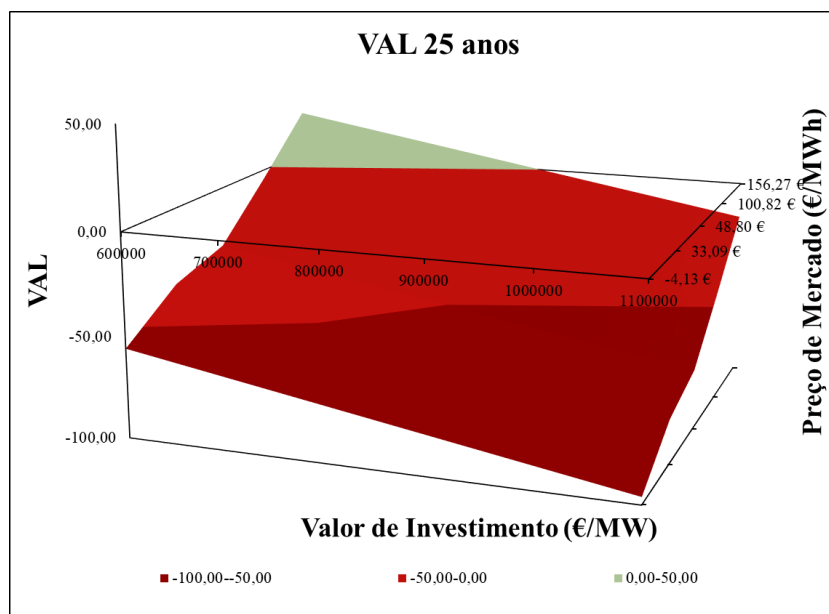


Figura 21 - Evolução do VAL para 25 anos num projeto sem hibridização – Lote 1

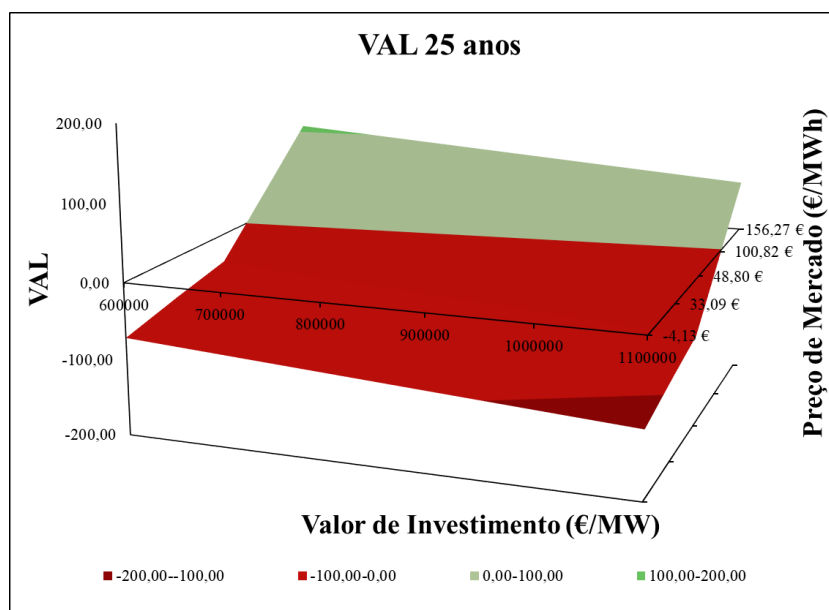


Figura 22 - Evolução do VAL para 25 anos num projeto com hibridização – Lote 1

Verifica-se que, após a análise dos valores do VAL numa visão a 25 anos, se o titular avaliar a intenção de realizar um investimento de longo prazo, poderá equacionar um maior intervalo de preços de mercado e de nível investimentos para atingir a viabilidade no projeto.

4.2.2.6. *Payback*

Nas tabelas 22 e 23, é possível verificar o *Payback* calculado um projeto sem hibridização e um projeto com hibridização.

	Sem Hibridização				
Payback (Anos)	Preço de Mercado (€/MWh)				
Valor de Investimento (€/MW)	-4,13 €	33,09 €	48,80 €	100,82 €	156,27 €
600000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	22 Anos
700000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	23 Anos
800000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	24 Anos
900000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos
1000000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos
1100000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos

Tabela 22 - *Payback* do projeto sem hibridização – Lote 1

	Com Hibridização				
Payback (Anos)	Preço de Mercado (€/MWh)				
Valor de Investimento (€/MW)	-4,13 €	33,09 €	48,80 €	100,82 €	156,27 €
1100000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	20 Anos	15 Anos
1200000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	21 Anos	16 Anos
1300000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	22 Anos	17 Anos
1400000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	24 Anos	17 Anos
1500000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	25 Anos	18 Anos
1600000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	19 Anos

Tabela 23 - *Payback* do projeto com hibridização – Lote 1

Após a análise do *Payback* é possível concluir-se que o titular tanto para um projeto sem hibridização como para um projeto com hibridização só alcançaria rentabilidade caso optasse por um projeto a longo prazo: Para um projeto sem hibridização o titular atingiria a rentabilidade num período de 22 anos para um preço de mercado a rondar os 156,27 €/MWh, enquanto que para um projeto com hibridização, conforme se observa pela tabela 23, para o titular atingir a rentabilidade do projeto o preço de mercado teria de rondar os 100,82 €/MW.

Após a análise dos três indicadores económicos, podemos constatar que o cenário que traria um retorno mais imediato e com maior rentabilidade ao titular seria um projeto com hibridização e com um o investimento de 1.100.000 €/MW, se o preço de mercado fosse de 156,27 €/MWh, durante um período de 25 anos.

5. Conclusão e Desenvolvimentos Futuros

5.1. Conclusão

Com a presente dissertação procedeu-se à avaliação técnico-económica dos lotes adjudicados ao Leilão Solar Flutuante de 2021.

Com vista a atingir tal objetivo primeiramente foram estudados os aspetos teóricos do sistema fotovoltaico e dos Leilões Solares em Portugal e, posteriormente, foi introduzida a modelização matemática para determinar os resultados da potência gerada pelo módulo fotovoltaico e analisados diversos indicadores relevantes de modo a concluir quanto à rentabilidade dos diferentes lotes adjudicados no Leilão Solar Flutuante de 2021 de Portugal.

No que diz respeito aos modelos de remuneração estudados para os lotes admitidos no Leilão Solar Flutuante, foram analisados dois modelos: o Prémio Variável por Diferenças e a Compensação Fixa ao SEN.

Relativamente ao Modelo Prémio Variável por Diferenças este, dos dois modelos estudados, é o que apresenta menor risco do ponto de vista do investidor, pois o titular do lote durante os primeiros 15 anos poderá vender a energia produzida a um preço contratualizado, não sendo afetado pelas flutuações de mercado que possam ocorrer neste período. No entanto, este é o modelo que apresenta menor rentabilidade pois, ainda que considerando uma visão otimista dos preços de mercado, o titular será obrigado a vender a sua energia ao preço contratualizado, não podendo usufruir destes mesmos preços.

De modo a combater este resultado de menor rentabilidade o titular, EDP renováveis, instalou no Lote do Alqueva dois sistemas externos para além do Sistema Fotovoltaico Flutuante, o Sistema Fotovoltaico Terrestre e Eólico a fim de, com recurso à hibridização, ser possível a otimização da rentabilidade obtida com a venda de energia. Esta é, sem dúvida, a melhor opção para o titular do lote com vista a uma maior rentabilidade, uma vez que através do investimento num projeto com hibridização os valores respeitantes à energia produzida nos sistemas externos não são contabilizados para o Modelo de Remuneração do Leilão, sendo esta energia comercializada ao preço de mercado.

No que diz respeito ao Modelo de Compensação Fixa ao SEN, durante os primeiros 15 anos o titular do lote compromete-se a pagar o valor contratualizado ao Sistema Elétrico Nacional. Ainda assim, será do interesse do titular escolher este sistema de remuneração, na medida em que poderá vender a energia ao preço de mercado, não sendo obrigado a pagar um preço fixo por megawatt como sucede com a aplicação do Modelo de remuneração

anteriormente mencionado. Não obstante esta vantagem, o Modelo da Compensação Fixa comporta, ainda assim, um risco elevado, pois o titular estará sujeito às oscilações de preços de mercado durante os primeiros 15 anos contratualizados.

Através da análise económica dos lotes adjudicados verificou-se que, para ambos os sistemas de remuneração, num período de 25 anos, se for considerado um preço de mercado a partir de 100,82€/MWh, os titulares poderão equacionar diferentes cenários de investimento de forma a encontrar soluções mais benéficas do ponto de vista da rentabilidade económica dos respetivos lotes.

Posto isto, e efetuadas as devidas considerações relativamente aos lotes estudados, é possível concluir que o modelo de remuneração Compensação Fixa ao SEN, ainda que seja o modelo que comporte mais riscos, representa aquele que trará maior rentabilidade ao titular quando comparado com o Modelo Prémio Variável por Diferenças, mesmo na eventualidade de recurso à hibridização solar-eólica.

5.2. Desenvolvimentos futuros

Os trabalhos desenvolvidos no âmbito da presente dissertação procuraram determinar a viabilidade económica de um projeto fotovoltaico flutuante, sendo que para um dos lotes admitidos ao Leilão Solar Flutuante de 2021 foi considerado um projeto com hibridização, cujo estudo permitiu concluir que a adição de sistemas externos aumenta a rentabilidade do projeto.

Todavia, a potência gerada que não foi injetada na rede acabou por ser desperdiçada, pelo que será pertinente um eventual estudo que considere a possibilidade de utilização de um sistema de armazenamento mediante um sistema de baterias ou por bombagem, ainda que este último se releve uma melhor hipótese por estar em causa um sistema fotovoltaico flutuante.

Ainda no que diz respeito à hibridização, e tendo presente que neste caso a potência gerada é superior à potência injetada, outra questão a aprofundar é possibilidade de criação de um modelo otimizado com vista a utilizar o máximo de potência gerada por hora por parte dos sistemas externos de forma a atingir a melhor rentabilidade no projeto.

Na medida em que os preços de mercado constituem um elemento determinante nos futuros concursos de Leilão Solar, será pertinente uma análise respeitante ao aperfeiçoamento da previsão destes mesmos preços, de modo a possibilitar uma avaliação mais detalhada da possibilidade de um investimento a curto ou longo prazo, o que representaria uma mais-valia dada a elevada procura de fontes de energia renovável.

A presente dissertação poderá ser um ponto de partida para o estudo das propostas supramencionadas, sabendo que o modelo desenvolvido poderá ser utilizado em futuros concursos de leilão para a atribuição de capacidade de injeção na rede elétrica.

Referências Bibliográficas

- [1] P. Stanford e P. Pte, “Power for the World”, 2010.
- [2] T. M. Bruton et al., “Multi-Megawatt Upscaling of Silicon and Thin Film Solar Solar Cell and Module Manufacturing”, vol. m, 1996,
- [3] O. Schultz-Wittmann, S. Glunz, e G. Willeke, “Multicrystalline Silicon Solar Cells Exceeding 20% Efficiency”, Prog. Photovoltaics Res. Appl., vol. 12, Nov. 2004
- [4] P. Y. Gan e Z. D. Li, “Quantitative study on long term global solar photovoltaic market”, Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 46, 2015
- [5] P. G. V. Sampaio e M. O. A. González, “Photovoltaic solar energy: Conceptual framework”, Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 74, 2017
- [6] B. Ki-moon, “Kyoto Protocol Reference Manual”, United Nations Framew. Conv. Clim. Chang., 2008
- [7] A. Silva e J. Fernandes, “Acordo de Paris 2015 – 2020”, Agência Port. do Ambient., 2020
- [8] Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (rnc2050)
Informação disponível para consulta: <https://dre.pt/dre/detalhe/resolucao-conselho-ministros/53-2020-137618093>
- [9] Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020, de 10 de julho
Informação disponível para consulta: <https://dre.pt/dre/detalhe/resolucao-conselho-ministros/53-2020-137618093>
- [10] H. Yousuf, M. Q. Khokhar, M.A. Zahid, J. Kim, E.Cho e Y. Kim «A Review on Floating Photovoltaic Technology (FPVT) » Aug, 2020

[11] “Floating Solar: Technical Specifications”, FirstGreen Consulting

Informação disponível para consulta em: <https://www.firstgreen.co/floating-solar-technical-specifications/>

[12] “Types of Solar Inverters”, Avenston

Informação disponível para consulta em: <https://avenston.com/en/articles/types-of-solar-inverters/>

[13] “The Potential of Floating Solar PV Plants In South Africa”, ZeroPoint Energy

Informação disponível para consulta em: <https://zpenergy.co.za/floating-solar-pv-plants-in-southern-africa/>

[14] “Energia Solar Fotovoltaica Flutuante”, Iberdrola,

Informação disponível para consulta em: <https://www.iberdrola.com/inovacao/fotovoltaica-flutuante>

[15] “Parque solar flutuante: Como funciona, principais vantagens e desvantagens”, PortalEnergia

Informação disponível para consulta em: <https://www.portal-energia.com/parque-solar-flutuante-como-funciona-principais-vantagens-desvantagens/>

[16] “Tudo sobre os Leilões de energia solar fotovoltaica”, APREN

Informação disponível para consulta em: <https://www.apren.pt/pt/tudo-sobre-os-leiloes-de-energia-solar-fotovoltaica/>

[17] Site Oficial do Governo Português - Leilão Solar Flutuante

Informação disponível para consulta em <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc23/comunicacao/noticia?i=leilao-solar-flutuante-regista-preco-de-energia-mais-baixo-do-mundo>

[18] “Portugal bate recorde ao ter preço mais baixo de energia mundial no leilão solar flutuante”

Informação disponível para consulta em: <https://eco.sapo.pt/2022/04/05/portugal-bate-recorde-ao-ter-preco-mais-baixo-de-energia-mundial-no-leilao-solar-flutuante/>

- [19] Ana Catarina C. Monteiro, “Aplicação de painéis solares em edifícios públicos para auto-consumo fotovoltaico”, 2018.
- [20] S. S. Alves Freitas, “Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos”, 2008.
- [21] E. da S. João, “Metodologia de dimensionamento para instalações fotovoltaicas em autoconsumo”, 2016.
- [22] P. João, G. Marxo, *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*, 2014
- [23] T. G. G. Medeiros, “Análise de modelos de estimação da temperatura de módulos fotovoltaicos aplicados para uma localidade em Fortaleza-CE”, 2021
- [24] C. Schwingshackl *et al.*, “Wind effect on PV module temperature: Analysis of different techniques for an accurate estimation,” *Energy Procedia*, 2013
- [25] M. Sobral, “Avaliação do potencial fotovoltaico flutuante em Portugal”, 2018
- [26] L. Idoko, O. Anaya-Lara, e A. McDonald, “Enhancing PV modules efficiency and power output using multi-concept cooling technique”, *Energy Reports*, 2018
- [27] “Centrais solares flutuantes vão gerar investimentos acima de 200 milhões”, 2023
Informação disponível em https://jornaleconomico.pt/noticias/_trashed-120-812281/
- [28] S. Nunes, “Análise e avaliação de um projeto de investimento em ativos reais”, 2016
- [29] “Programa do Procedimento Leilão de 2020”
Informação disponível para consulta em: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energia-eletrica/procedimentos-concursais/leilao-solar-2020/>
- [30] P. F. H. Maleitas, “Viabilidade Económica do Autoconsumo de Energia Fotovoltaica no Setor Não Residencial”, 2015

[31] I. Soares, J. Moreira, C. Pinho E J. Couto, *Decisões De Investimento Análise Financeira De Projetos*, 4ª Edição, 2015

[32] “Programa do Procedimento”

Informação disponível para consulta em: https://www.dgeg.gov.pt/media/kpjl4xp/20220125-leil%C3%A3o-solar-flutuante-programa-do-procedimento_alterado.pdf

[33] “Relatório Final de Processamento do Leilão de 2021”

Informação disponível para consulta em:

https://www.dgeg.gov.pt/media/esjoqbcd/relat%C3%B3rio-final-global-procedimento-2021_ass_ta_je_signed.pdf

[34] Comunicado no site das Energias de Portugal – “EDP obtém direito de ligação à rede no leilão de solar flutuante em Portugal”

Informação disponível para consulta em: <https://www.edp.com/pt-pt/noticias/2022/04/05/edp-obtem-direito-de-ligacao-a-rede-no-leilao-de-solar-flutuante-em-portugal>

LISTA DE ANEXOS

Anexo I	Exemplo de Cálculos de Potência Gerada pelo Modulo Fotovoltaico
Anexo II	Exemplo de Cálculos de Potência Gerada pelo Aerogerador
Anexo III	Exemplo de Cálculo dos Preços Capturados
Anexo IV	Simulação da Análise Económica para os lotes do Leilão Solar Flutuante de 2021
Anexo V	Cálculo da Potência desperdiçada
Anexo VI	Catálogo do Modulo Fotovoltaico Utilizado
Anexo VII	Catálogo do Aerogerador Utilizado
Anexo VIII	Resultado do Leilão Solar Flutuante de 2021

ANEXO I

Dados PVGIS (2000 Secs)				1- Cálculo do Potencial Térmico W (m)				2- Cálculo Fator deutilidade (m)				3- Cálculo Fator deutilidade equivalente (m)				Cálculo temperatura da célula PVDT deixo do vento				4- Cálculo da temperatura da célula PVDT(1)				5- Influência do vento na Temperatura da célula (Bisepak 2)				Módulo de Corrente no Ponto de Potência Máximo				6- Cálculo da Corrente Inversa de Saturação (A)				7- Cálculo de Vin (V)				8- Cálculo da Potência Máxima (W)			
Latitude (decimal degree): 38.324				K Constante de Boltzman				Voc 42.1				Voc 42.1				G mod 800				G mod 800				G mod 800				Gr 1000				Gr 1000				m 109.57				Voc 42.1			
Longitude (decimal degree): -4.121				q 1.38E-23				Voc 42.1				Voc 42.1				G mod 800				G mod 800				G mod 800				Gr 1000				Gr 1000				m 109.57				Voc 42.1			
Elevation (m): 255				q 1.38E-23				Voc 42.1				Voc 42.1				G mod 800				G mod 800				G mod 800				Gr 1000				Gr 1000				m 109.57				Voc 42.1			
Radiation database: PVGIS-SARAH				q 1.38E-23				Voc 42.1				Voc 42.1				G mod 800				G mod 800				G mod 800				Gr 1000				Gr 1000				m 109.57				Voc 42.1			
Steps: 12 deg. Azimuth: 5 deg.				q 1.38E-23				Voc 42.1				Voc 42.1				G mod 800				G mod 800				G mod 800				Gr 1000				Gr 1000				m 109.57				Voc 42.1			
Data:				Data:				Data:				Data:				Data:				Data:				Data:				Data:				Data:				Data:				Data:			
G (Carga Elétrica do Módulo) T 298.15 Voc 42.027 V 0.0281				K 1.38E-23 q 1.38E-23 V 0.0281				Voc 42.1 Voc 42.1 Voc 42.1				Voc 42.1 Voc 42.1 Voc 42.1				G mod 800 G mod 800 G mod 800				G mod 800 G mod 800 G mod 800				G mod 800 G mod 800 G mod 800				Gr 1000 Gr 1000 Gr 1000				Gr 1000 Gr 1000 Gr 1000				m 109.57 m 109.57 m 109.57				Voc 42.1 Voc 42.1 Voc 42.1			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377			
m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377				m = 1.377																							

ANEXO II

ANEXO III

Preço Médio Capturado			
2019	2020	2021	2022
48,99	33,38	98,98	158,22

ANEXO IV

Alqueva - Lote 1 (PVD) - Fotovoltaico Flutuante		
Preço Garantido	-4,13	€/MWh
Potência	70	MW
Calulos da horas equivalentes Produção Anual	1831	h
Custos de Operação e Manutenção	1%	
Degradação dos Painéis	2% -1ºAno; 0,55% - Restantes	
Taxa de Desconto	4,22%	
Localidade	Alqueva	

Cenário Leilão 2021 (€/MWh)	Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	Produção Anual (MWh)	128195	125631	124940	124253	123569	122890	122214	121542	120873	120208	119547	118890	118236	117585	116939	116296	115656	115020	114387	113758	113132	112510	111891	111276	110664
	Preço de Venda (€/MWh)	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13
	Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)	-4,13																								
Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)		-4,13																								
Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)		-529444	-518855	-516002	-513164	-510341	-507534	-504743	-501967	-499206	-496460	-493730	-491014	-488314	-485628	-482957	-480301	-477659	-475032	-472419	-469821	-467237	-464667	-462111	-459570	-457042

Cenário Média Anual 2019 (€/MWh)	Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	Produção Anual (MWh)	128195	125631	124940	124253	123569	122890	122214	121542	120873	120208	119547	118890	118236	117585	116939	116296	115656	115020	114387	113758	113132	112510	111891	111276	110664
	Preço de Venda (€/MWh)	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80
	Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)	48,80																								
Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)		-529444	-518855	-516002	-513164	-510341	-507534	-504743	-501967	-499206	-496460	-493730	-491014	-488314	-485628	-482957	5675753	5644537	5613492	5582618	5551913	5521378	5491010	5460810	5430775	5400906

Cenário Média Anual 2020 (€/MWh)	Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	Produção Anual (MWh)	128195	125631	124940	124253	123569	122890	122214	121542	120873	120208	119547	118890	118236	117585	116939	116296	115656	115020	114387	113758	113132	112510	111891	111276	110664
	Preço de Venda (€/MWh)	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09
	Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)	33,09																								
Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)		-529444	-518855	-516002	-513164	-510341	-507534	-504743	-501967	-499206	-496460	-493730	-491014	-488314	-485628	-482957	3848243	3827078	3806029	3785096	3764278	3743574	3722985	3702508	3682145	3661893

Cenário Média Anual 2021 (€/MWh)	Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	Produção Anual (MWh)	128195	125631	124940	124253	123569	122890	122214	121542	120873	120208	119547	118890	118236	117585	116939	116296	115656	115020	114387	113758	113132	112510	111891	111276	110664
	Preço de Venda (€/MWh)	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82
	Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)	100,82																								
Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)		-529444	-518855	-516002	-513164	-510341	-507534	-504743	-501967	-499206	-496460	-493730	-491014	-488314	-485628	-482957	11725122	11660634	11596500	11532720	11469290	11406209	11343474	11281085	11219039	11157335

Cenário Média Anual 2022 (€/MWh)	Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	Produção Anual (MWh)	128195	125631	124940	124253	123569	122890	122214	121542	120873	120208	119547	118890	118236	117585	116939	116296	115656	115020	114387	113758	113132	112510	111891	111276	110664
	Preço de Venda (€/MWh)	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	-4,13	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27
	Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)	156,27																								
Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)		-529444	-518855	-516002	-513164	-510341	-507534	-504743	-501967	-499206	-496460	-493730	-491014	-488314	-485628	-482957	18173637	18073682	17974277	17875418	17777104	17679330	17582093	17485392	17389222	17293581

Alqueva - Lote 1 (PVD) - Fotovoltaico Terrestre		
Preço Garantido	33,09	€/MWh
Potência	14	MW
Calulos da horas equivalentes Produção Anual	1931	h
Custos de Operação e Manutenção	1%	
Degradação dos Painéis	2% -1ºAno; 0,55% - Restantes	
Taxa de Desconto	4,22%	
Localidade	Alqueva	

Cenário Leilão 2021 (€/MWh)	Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	Produção Anual (MWh)	27038	26497	26351	26206	26062	25919	25776	25634	25493	25353	25214	25075	24937	24800	24664	24528	24393	24259	24125	23993	23861	23730	23599	23469	23340
	Preço de Venda (€/MWh)	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09
	Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)	33,09																								
Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)		894672	876779	871956	867161	862391	857648	852931	848240	843575	838935	834321	829732	825168	820630	816117	811628	807164	802725	798310	793919	789552	785210	780891	776596	772325

Cenário Média Anual 2019 (€/MWh)	Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	Produção Anual (MWh)	27038	26497	26351	26206	26062	25919	25776	25634	25493	25353	25214	25075	24937	24800	24664	24528	24393	24259	24125	23993	23861	23730	23599	23469	23340
	Preço de Venda (€/MWh)	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80	48,80
	Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)	48,80																								
Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)		1319555	1293164	1286051	1278978	1271944	1264948	1257991	1251072	1244191	1237348	1230542	1223774	1217044	1210350	1203693	1197073	1190489	1183941	1177429	1170954	1164513	1158108	1151739	1145404	1139105

Cenário Média Anual 2020 (€/MWh)	Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	Produção Anual (MWh)	27038	26497	26351	26206	26062	25919	25776	25634	25493	25353	25214	25075	24937	24800	24664	24528	24393	24259	24125	23993	23861	23730	23599	23469	23340
	Preço de Venda (€/MWh)	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09
	Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)	33,09																								
Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)		894677	876784	871961	867166	862396	857653	852936	848245	843579	838940	834326	829737	825173	820635	816121	811633	807169	802729	798314	793924	789557	785214	780896	776601	772329

Cenário Média Anual 2021 (€/MWh)	Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	Produção Anual (MWh)	27038	26497	26351	26206	26062	25919	25776	25634	25493	25353	25214	25075	24937	24800	24664	24528	24393	24259	24125	23993	23861	23730	23599	23469	23340
	Preço de Venda (€/MWh)	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82	100,82
	Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)	100,82																								
Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)		2725971	2671452	2656759	2642147	2627615	2613163	2598791	2584497	2570282	2556146	2542087	2528106	2514201	2500373	2486621	2472944	2459343	2445817	2432365	2418987	2405682	2392451	2379293	2366207	2353192

Cenário Média Anual 2022 (€/MWh)		Ano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
		Produção Anual (MWh)	27038	26497	26351	26206	26062	25919	25776	25634	25493	25353	25214	25075	24937	24800	24664	24528	24393	24259	24125	23993	23861	23730	23599	23469	23340
Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)	156,27	Preço de Venda (€/MWh)	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27	156,27
		Receita Bruta (€)	4225185	4140681	4117908	4095259	4072735	4050335	4028058	4005904	3983872	3961960	3940170	3918499	3896947	3875514	3854198	3833000	3811919	3790953	3770103	3749367	3728746	3708238	3687842	3667559	3647388

Cenario Lulista 2021 (R\$Mn)																													
Preço de Venda (Mn/ha) (15-25 anos)		-4,13																											
		Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Indicadores	Recursos Bruta (R\$)	15	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	VAL	Recursos Bruta (R\$Mn)	-72.941.825,84	-71.842.825,4	1100000	1167700	1148900	1147928	1146062	1142366	1141259	1140524	1138682	1138076	1137380	1134194	1129718	1127962	1126199	1124448	1122711	1120983	1119264	1117556	1115850	1114166	1112485	1110813	1109151
	TIR	Recursos Bruta (R\$Mn)	-72.941.825,84	-71.842.825,4	-7700000	2667700	378005	377826	377962	373626	372259	368808	366882	365076	362300	354898	349718	347592	345636	343848	342211	340633	339110	337645	336236	334884	333589	332348	331155
Indicadores	Recursos Bruta (R\$)	15	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	VAL	Recursos Bruta (R\$Mn)	-90.361.471,494,1	-91,48%	1200000	1167700	1148900	1147928	1146062	1142366	1141259	1140524	1138682	1138076	1137380	1134194	1129718	1127962	1126199	1124448	1122711	1120983	1119264	1117556	1115850	1114166	1112485	1110813	1109151
	TIR	CashFlow (R\$)	-24,83%	-24,83%	-84000000	3167700	309805	307928	306802	304266	303029	300524	298668	296822	295076	292520	291494	289718	287952	286196	284448	282711	280983	279264	277556	275858	274161	272483	270813
Indicadores	Recursos Bruta (R\$)	15	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	VAL	Recursos Bruta (R\$Mn)	-85.473.725,94	-87.597.972,14	1300000	1167700	1148900	1147928	1146062	1142366	1141259	1140524	1138682	1138076	1137380	1134194	1129718	1127962	1126199	1124448	1122711	1120983	1119264	1117556	1115850	1114166	1112485	1110813	1109151
	TIR	CashFlow Acumulado (R\$)	-25,24%	-25,24%	-84000000	-83696977	-83410327	-83118813	-82793704	-82431987	-82049639	-81647109	-81239642	-80817566	-80394199	-79959485	-79514949	-79061369	-78600776	-78134925	-77658276	-77176461	-76689154	-76196282	-75698915	-75196299	-74689711	-74176915	-73657148
Indicadores	Recursos Bruta (R\$)	15	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	VAL	Recursos Bruta (R\$Mn)	-90.361.471,494,1	-91,48%	1200000	1167700	1148900	1147928	1146062	1142366	1141259	1140524	1138682	1138076	1137380	1134194	1129718	1127962	1126199	1124448	1122711	1120983	1119264	1117556	1115850	1114166	1112485	1110813	1109151
	TIR	CashFlow (R\$)	-24,83%	-24,83%	-84000000	3167700	309805	307928	306802	304266	303029	300524	298668	296822	295076	292520	291494	289718	287952	286196	284448	282711	280983	279264	277556	275858	274161	272483	270813
Indicadores	Recursos Bruta (R\$)	15	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	VAL	Recursos Bruta (R\$Mn)	-85.473.725,94	-87.597.972,14	1300000	1167700	1148900	1147928	1146062	1142366	1141259	1140524	1138682	1138076	1137380	1134194	1129718	1127962	1126199	1124448	1122711	1120983	1119264	1117556	1115850	1114166	1112485	1110813	1109151
	TIR	CashFlow Acumulado (R\$)	-25,24%	-25,24%	-84000000	-83696977	-83410327	-83118813	-82793704	-82431987	-82049639	-81647109	-81239642	-80817566	-80394199	-79959485	-79514949	-79061369	-78600776	-78134925	-77658276	-77176461	-76689154	-76196282	-75698915	-75196299	-74689711	-74176915	-73657148
Indicadores	Recursos Bruta (R\$)	15	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	VAL	Recursos Bruta (R\$Mn)	-90.361.471,494,1	-91,48%	1200000	1167700	1148900	1147928	1146062	1142366	1141259	1140524	1138682	1138076	1137380	1134194	1129718	1127962	1126199	1124448	1122711	1120983	1119264	1117556	1115850	1114166	1112485	1110813	1109151
	TIR	CashFlow (R\$)	-24,83%	-24,83%	-84000000	3167700	309805	307928	306802	304266	303029	300524	298668	296822	295076	292520	291494	289718	287952	286196	284448	282711	280983	279264	277556	275858	274161	272483	270813
Indicadores	Recursos Bruta (R\$)	15	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	VAL	Recursos Bruta (R\$Mn)	-85.473.725,94	-87.597.972,14	1300000	1167700	1148900	1147928	1146062	1142366	1141259	1140524	1138682	1138076	1137380	1134194	1129718	1127962	1126199	1124448	1122711	1120983	1119264	1117556	1115850	1114166	1112485	1110813	1109151
	TIR	CashFlow (R\$)	-24,83%	-24,83%	-84000000	3167700	309805	307928	306802	304266	303029	300524	298668	296822	295076	292520	291494	289718	287952	286196	284448	282711	280983	279264	277556	275858	274161	272483	270813
Indicadores	Recursos Bruta (R\$)	15	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	VAL	Recursos Bruta (R\$Mn)	-90.361.471,494,1	-91,48%	1200000	1167700	1148900	1147928	1146062	1142366	1141259	1140524	1138682	1138076	1137380	1134194	1129718	1127962	1126199	1124448	1122711	1120983	1119264	1117556	1115850	1114166	1112485	1110813	1109151
	TIR	CashFlow (R\$)	-24,83%	-24,83%	-84000000	3167700	309805	307928	306802	304266	303029	300524	298668	296822	295076	292520	291494	289718	287952	286196	284448	282711	280983	279264	277556	275858	274161	272483	270813
Indicadores	Recursos Bruta (R\$)	15	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	VAL	Recursos Bruta (R\$Mn)	-85.473.725,94	-87.597.972,14	1300000	1167700	1148900	1147928	1146062	1142366	1141259	1140524	1138682	1138076	1137380	1134194	1129718	1127962	1126199	1124448	1122711	1120983	1119264	1117556	1115850	1114166	1112485	1110813	1109151
	TIR	CashFlow (R\$)	-24,83%	-24,83%	-84000000	3167700	309805	307928	306802	304266	303029	300524	298668	296822	295076	292520	291494	289718	287952	286196	284448	282711	280983	279264	277556	275858	274161	272483	270813
Indicadores	Recursos Bruta (R\$)	15	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	VAL	Recursos Bruta (R\$Mn)	-90.361.471,494,1	-91,48%	1200000	1167700	1148900	1147928	1146062	1142366	1141259	1140524	1138682	1138076	1137380	1134194	1129718	1127962	1126199	1124448	1122711	1120983	1119264	1117556	1115850	1114166	1112485	1110813	1109151
	TIR	CashFlow (R\$)	-24,83%	-24,83%	-84000000	3167700	309805	307928	306802	304266	303029	300524	298668	296822	295076	292520	291494	289718	287952	286196	284448	282711	280983	279264	277556	275858	274161	272483	270813
Indicadores	Recursos Bruta (R\$)	15	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	VAL	Recursos Bruta (R\$Mn)	-85.473.725,94	-87.597.972,14	1300000	1167700	1148900	1147928	1146062	1142366	1141259	1140524	1138682	1138076	1137380	1134194	1129718	1127962	1126199	1124448	1122711	1120983	1119264	1117556	1115850	1114166	1112485	1110813	1109151
	TIR	CashFlow (R\$)	-24,83%	-24,83%	-84000000	3167700	309805	307928	306802	304266	303029	300524	298668	296822	295076	292520	291494	289718	287952	286196	284448	282711	280983	279264	277556	275858	274161	272483	270813
Indicadores	Recursos Bruta (R\$)	15	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	VAL	Recursos Bruta (R\$Mn)	-90.361.471,494,1	-91,48%	1200000	1167700	1148900	1147928	1146062	1142366	1141259	1140524	1138682	1138076	1137380	1134194	1129718	1127962	1126199	1124448	1122711	1120983	1119264	1117556	1115850	1114166	1112485	1110813	1109151
	TIR	CashFlow (R\$)	-24,83%	-24,83%	-84000000	3167700	309805	307928	306802	304266	303029	300524	298668	296822	295076	292520	291494	289718	287952	286196	284448	282711	280983	279264	277556	275858	274161	272483	270813
Indicadores	Recursos Bruta (R\$)	15	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	VAL	Recursos Bruta (R\$Mn)	-85.473.725,94	-87.597.972,14	1300000	1167700	1148900	1147928	1146062	1142366	1141259	1140524	1138682	1138076	1137380	1134194	1129718	1127962	1126199	1124448	1122711	1120983	1119264	1117556	1115850	1114166	1112485	1110813	1109151
	TIR	CashFlow (R\$)	-24,83%	-24,83%	-84000000	3167700	309805	307928	306802	304266	303029	300524	298668	296822	295076	292520	291494	289718	287952	286196	284448	282711	280983	279264	277556	275858	274161	272483	270813
Indicadores	Recursos Bruta (R\$)	15	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	VAL	Recursos Bruta (R\$Mn)	-90.361.471,494,1	-91,48%	1200000	1167																							

Centro Média Anual (EMWb)																												
Preço de Venda (EMWb) (16-25 anos)		13,89	Ano																									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Indicadores financeiros																												
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											
Payback	-25,25%																											
Valor Investimento (EMWb)	-21401	1166775	1489181	1147933	1146667	1144210	1142364	1140258	1138703	1136887	1135081	1133285	1131499	1129723	1127956	1126200	521364	522629	520828	517840	515426	513024	510673	508313	505963	503622		
TIR	-22,94%																											

Pré de Venda (R\$/M³) (16-25 anos)		15,62	Ano		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Indicadores de vendas	25 Anos		Recruta Bruta (R)		8110947	8004676	8029484	8001596	7991812	7971312	7994554	7906078	7917704	7999432	7881259	7861387	7845214	7827139	7809564	2557085	2546148	2534672	2523250	2519086	2506025	2489045	2478203	2467275	2456087	
	VAL	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	106.061.030,00	
	YAL	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	
	YAL	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	1.677.932,00	
Indicadores financeiros	25 Anos		Recruta Bruta (R)		8110947	8004676	8029484	8001596	7991812	7971312	7994554	7906078	7917704	7999432	7881259	7861387	7845214	7827139	7809564	2557085	2546148	2534672	2523250	2519086	2506025	2489045	2478203	2467275	2456087	
	VAL	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	
	YAL	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	
	YAL	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75
Indicadores financeiros	16 Anos		Recruta Bruta (R)		8110947	8004676	8029484	8001596	7991812	7971312	7994554	7906078	7917704	7999432	7881259	7861387	7845214	7827139	7809564	2557085	2546148	2534672	2523250	2519086	2506025	2489045	2478203	2467275	2456087	
	VAL	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	80.627.586,24	
	YAL	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	
	YAL	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75	1.166,75
Indicadores financeiros	17 Anos		Recruta Bruta (R)		8110947	8004676	8029484	8001596	7991812	7971312	7994554	7906078	7917704	7999432	7881259	7861387	7845214	7827139	7809564	2557085	2546148	2534672	2523250	2519086	2506025	2489045	2478203	2467275	2456087	
	VAL	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	
	YAL	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	
	YAL	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%
Indicadores financeiros	17 Anos		Recruta Bruta (R)		8110947	8004676	8029484	8001596	7991812	7971312	7994554	7906078	7917704	7999432	7881259	7861387	7845214	7827139	7809564	2557085	2546148	2534672	2523250	2519086	2506025	2489045	2478203	2467275	2456087	
	VAL	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	82.490.478,08	
	YAL	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	
	YAL	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%	0,81%
Indicadores financeiros	25 Anos		Recruta Bruta (R)		8110947	8004676	8029484	8001596	7991812	7971312	7994554	7906078	7917704	7999432	7881259	7861387	7845214	7827139	7809564	2557085	2546148	2534672	2523250	2519086	2506025	2489045	2478203	2467275	2456087	
	VAL	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	34.421.820,44	
	YAL	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	
	YAL	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%	-0,20%
Indicadores financeiros	14 Anos		Recruta Bruta (R)		8110947	8004676	8029484	8001596	7991812	7971312	7994554	7906078	7917704	7999432	7881259	7861387	7845214	7827139	7809564	2557085	2546148	2534672	2523250	2519086	2506025	2489045	2478203	2467275	2456087	
	VAL	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	35.353.368,80	
	YAL	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	
	YAL	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%	-0,11%

TIR 15 anos

TIR 25 anos

Valor de Investimento (€/MW)

Preço de Mercado (€/MWh)

TIR

Legenda:

- 25,00%–30,00%
- 20,00%–25,00%
- 15,00%–20,00%
- 10,00%–15,00%
- 5,00%–10,00%
- 0,00%–5,00%
- -5,00%–0,00%
- -10,00%–-5,00%

VAL 15 anos

VAL

Preço de Mercado (€/MW h)

Valor de Investimento (€/MW)

■ -150,00 - 100,00 ■ -100,00 - 50,00 ■ -50,00 - 0,00 ■ 0,00 - 50,00

VAL 25 anos

VAL

Preço de Mercado (€/MW h)

Valor de Investimento (€/MW)

■ -200,00 - 100,00 ■ -100,00 - 0,00 ■ 0,00 - 100,00 ■ 100,00 - 200,00

Cenario Lulista 2021 (EMWAs)																														
Preço de Venda (R\$/MWh) (16-25 anos)		4,13																												
		Ano	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Indicadores financeiros		25 Anos		-25944	-51855	-51002	-51364	-51041	-50754	-50474	-50197	-49926	-49640	-49370	-49104	-48834	-48568	-48297	-48031	-47769	-47502	-47249	-46981	-46727	-46467	-46211	-45950	-45694		
VAL	-127 106,62	n\$M	Recursos Bruta (f)	60000																										
TIR	-85 848,74	n\$M	Valor Investimento (EMWAs)	-420000	-49044	-93855	-93602	-93164	-93041	-92754	-92747	-92197	-91660	-91770	-91014	-90834	-89528	-89297	-88769	-88502	-88249	-87981	-87727	-87467	-87211	-86950	-86694	87342		
Payback	>25 Anos	n\$M	CashFlow Acumulado (f)	-420100	-425100	-4377564	-4460237	-4539164	-4614961	-4687569	-4759602	-4828399	-4896254	-4964036	-5030418	-5096299	-5161337	-5217187	-5279184	-5291804	-5306777	-5346170	-5386611	-5425790	-5460358	-5490691	-5517628	-5563779		
Indicadores financeiros		25 Anos		-25944	-51855	-51002	-51364	-51041	-50754	-50474	-50197	-49926	-49640	-49370	-49104	-48834	-48568	-48297	-48031	-47769	-47502	-47249	-46981	-46727	-46467	-46211	-45950	-45694		
VAL	-61 010,21	n\$M	Recursos Bruta (f)	70000																										
TIR	-41 010,21	n\$M	Valor Investimento (EMWAs)	-490000	-109344	-108855	-108002	-1081164	-1080514	-1075754	-107474	-106197	-105926	-10460	-10314	-10184	-100528	-99297	-97981	-96769	-95502	-94249	-92981	-91727	-90467	-89211	-87950	-86694		
Payback	>25 Anos	n\$M	CashFlow Acumulado (f)	-4909316	-4909736	-5170765	-5249648	-5359454	-5472594	-5589459	-5699419	-5807149	-5920932	-6034166	-6148218	-6263158	-6382187	-6507104	-6629517	-6749831	-6867362	-6981747	-7102214	-7214964	-7326667	-7438428	-7549026	-7649426		
Indicadores financeiros		25 Anos		-25944	-51855	-51002	-51364	-51041	-50754	-50474	-50197	-49926	-49640	-49370	-49104	-48834	-48568	-48297	-48031	-47769	-47502	-47249	-46981	-46727	-46467	-46211	-45950	-45694		
VAL	-67 600,057	n\$M	Recursos Bruta (f)	80000																										
TIR	-72 102,03	n\$M	Valor Investimento (EMWAs)	-490000	-109344	-107855	-107002	-1071364	-1070341	-1065754	-106474	-1049197	-104560	-10320	-10104	-100034	-1004528	-100297	-98981	-97769	-96502	-95249	-93981	-92727	-91467	-90211	-88950	-87694		
Payback	>25 Anos	n\$M	CashFlow Acumulado (f)	-4904531	-4904587	-5084531	-5169037	-5284531	-5404531	-5524531	-5644531	-5764531	-5884531	-6004531	-6124531	-6244531	-6364531	-6484531	-6604531	-6724531	-6844531	-6964531	-7084531	-7204531	-7324531	-7444531	-7564531	-7684531		
Indicadores financeiros		25 Anos		-25944	-51855	-51002	-51364	-51041	-50754	-50474	-50197	-49926	-49640	-49370	-49104	-48834	-48568	-48297	-48031	-47769	-47502	-47249	-46981	-46727	-46467	-46211	-45950	-45694		
VAL	-75 426,544	n\$M	Recursos Bruta (f)	90000																										
TIR	-40 173,067	n\$M	Valor Investimento (EMWAs)	-430000	-115944	-114055	-114602	-114164	-114041	-113754	-113707	-113206	-112660	-112370	-112104	-111834	-1115628	-111297	-111030	-110769	-110502	-110249	-109982	-109727	-109467	-109211	-108950	-108702		
Payback	>25 Anos	n\$M	CashFlow Acumulado (f)	-430000	-6112497	-6157108	-6612552	-6871508	-6987894	-6996617	-6991267	-7062919	-7140798	-7215302	-7286604	-7358854	-7430285	-7482752	-7524647	-7599947	-7684125	-7707341	-7757904	-7805704	-7851760	-7899589	-7939077	-7987422		
Indicadores financeiros		25 Anos		-25944	-51855	-51002	-51364	-51041	-50754	-50474	-50197	-49926	-49640	-49370	-49104	-48834	-48568	-48297	-48031	-47769	-47502	-47249	-46981	-46727	-46467	-46211	-45950	-45694		
VAL	-81 197,961	n\$M	Recursos Bruta (f)	82 200 000																										
TIR	-40 173,067	n\$M	Valor Investimento (EMWAs)	-430000	-122844	-121855	-121602	-121364	-121041	-120754	-120747	-120196	-119606	-119370	-119104	-118834	-1185628	-118297	-118030	-117769	-117502	-117249	-116982	-116727	-116467	-116211	-115950	-115702		
Payback	>25 Anos	n\$M	CashFlow Acumulado (f)	-7117962	-7220180	-7331009	-7446544	-7567393	-7693752	-7826133	-7974148	-8087529	-8201752	-8319718	-8453704	-8591835	-8725648	-8859297	-8983129	-9105374	-9216755	-9318278	-9419354	-9519975	-9619626	-9718328	-9816076	-9912964		
Indicadores financeiros		25 Anos		-25944	-51855	-51002	-51364	-51041	-50754	-50474	-50197	-49926	-49640	-49370	-49104	-48834	-48568	-48297	-48031	-47769	-47502	-47249	-46981	-46727	-46467	-46211	-45950	-45694		
VAL	-90 959 358,48	n\$M	Recursos Bruta (f)	110000																										
TIR	-46 968,319	n\$M	Valor Investimento (EMWAs)	-770000	-129944	-129055	-128602	-128164	-128041	-127754	-127747	-127196	-126606	-126370	-126104	-125834	-1255628	-125297	-125020	-124769	-124502	-124249	-123982	-123727	-123467	-123211	-122950	-122694		
Payback	>25 Anos	n\$M	CashFlow Acumulado (f)	-770000	-2366028	-2428855	-2600948	-26417009	-2652959	-2663438	-2673924	-2684438	-2694956	-2705472	-2716002	-2726538	-2737084	-2747639	-2758202	-2768769	-2779342	-2789918	-2800494	-2811070	-2821646	-2832222	-2842798	-2853374		

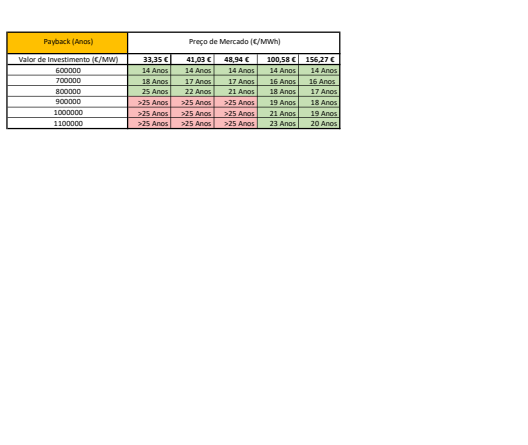
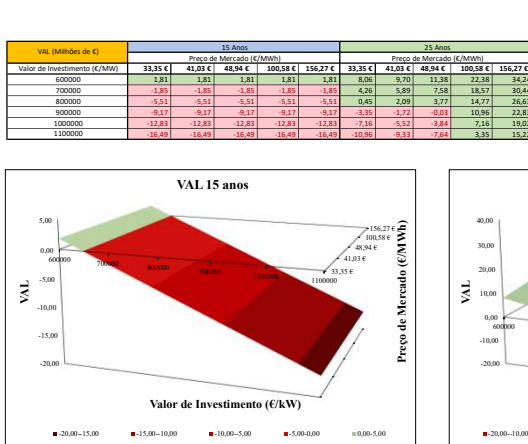
Centro Média Anual 2020 (€MWb)																													
Preço de Venda (€/MWh) (16-25 anos)		33,89																											
Indicadores financeiros		Ano		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Indicadores financeiros	VAL	15 Anos	-52.9444	-518855	-516002	-513164	-510344	-507514	-504743	-501967	-499206	-496460	-493710	-491014	-488314	-485628	-482957	348243	382708	380629	378596	376478	374374	372285	370208	368145	366103		
	VAL	25 Anos	-51.127	-50.624	-50.121	-49.618	-49.115	-48.612	-48.109	-47.606	-47.103	-46.600	-46.097	-45.594	-45.091	-44.588	-44.085	-43.582	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	
	TIR	15 Anos	-52.776	-51784	-51491	-51200	-50909	-50618	-50327	-50036	-49745	-49454	-49163	-48872	-48581	-48290	-48000	-47709	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	
	Payback	25 Anos	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	
Indicadores financeiros	VAL	15 Anos	-50.901	-50.556	-50.111	-49.666	-49.221	-48.776	-48.331	-47.886	-47.441	-46.996	-46.551	-46.106	-45.661	-45.216	-44.771	-44.326	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	
	VAL	25 Anos	-49.754	-49.309	-48.864	-48.419	-47.974	-47.529	-47.084	-46.639	-46.194	-45.749	-45.304	-44.859	-44.414	-43.969	-43.524	-43.079	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	
	TIR	15 Anos	-49.535	-49.090	-48.645	-48.200	-47.755	-47.310	-46.865	-46.420	-45.975	-45.530	-45.085	-44.640	-44.195	-43.750	-43.305	-42.860	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	
	Payback	25 Anos	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	
Indicadores financeiros	VAL	15 Anos	-51.843	-50.405	-49.960	-49.515	-49.070	-48.625	-48.180	-47.735	-47.290	-46.845	-46.400	-45.955	-45.510	-45.065	-44.620	-44.175	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	
	VAL	25 Anos	-50.405	-49.960	-49.515	-49.070	-48.625	-48.180	-47.735	-47.290	-46.845	-46.400	-45.955	-45.510	-45.065	-44.620	-44.175	-43.730	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	
	TIR	15 Anos	-51.625	-50.187	-49.742	-49.297	-48.852	-48.407	-47.962	-47.517	-47.072	-46.627	-46.182	-45.737	-45.292	-44.847	-44.402	-43.957	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	
	Payback	25 Anos	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	
Indicadores financeiros	VAL	15 Anos	-50.901	-50.556	-50.111	-49.666	-49.221	-48.776	-48.331	-47.886	-47.441	-46.996	-46.551	-46.106	-45.661	-45.216	-44.771	-44.326	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	
	VAL	25 Anos	-49.754	-49.309	-48.864	-48.419	-47.974	-47.529	-47.084	-46.639	-46.194	-45.749	-45.304	-44.859	-44.414	-43.969	-43.524	-43.079	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	
	TIR	15 Anos	-49.754	-49.309	-48.864	-48.419	-47.974	-47.529	-47.084	-46.639	-46.194	-45.749	-45.304	-44.859	-44.414	-43.969	-43.524	-43.079	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	
	Payback	25 Anos	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	-40.0000	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	
Indicadores financeiros	VAL	15 Anos	-51.843	-50.405	-49.960	-49.515	-49.070	-48.625	-48.180	-47.735	-47.290	-46.845	-46.400	-45.955	-45.510	-45.065	-44.620	-44.175	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	
	VAL	25 Anos	-50.405	-49.960	-49.515	-49.070	-48.625	-48.180	-47.735	-47.290	-46.845	-46.400	-45.955	-45.510	-45.065	-44.620	-44.175	-43.730	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	
	TIR	15 Anos	-51.843	-50.405	-49.960	-49.515	-49.070	-48.625	-48.180	-47.735	-47.290	-46.845	-46.400	-45.955	-45.510	-45.065	-44.620	-44.175	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	
	Payback	25 Anos	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	-42.0000	34.8243	38.2708	38.0629	37.8596	37.6478	37.4374	37.2285	37.0208	36.8145	36.6103	

Cenário Médio Anual 2022 (R\$Mv)																																
Preço de Venda (R\$Mv) (15-25 anos)			15x27		Ano		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Indicadores financeiros			15 Anos	25 Anos	Recorrência (R\$Mv)		60000	-529444	-518555	-516002	-511364	-510401	-507534	-504743	-499206	-496400	-494600	-492800	-491000	-489200	-487400	-485628	-482957	-481367	-478762	-476178	-473610	-471063	-468536	-466029	-463541	-461074
TIR			-52,17 16,62%	6,22%	Valor Investimento (R\$Mv)		4200000	-498444	-398555	-390002	-391364	-390041	-392534	-392473	-392167	-392026	-391660	-391370	-391014	-390814	-390628	-390285	-389757	-389367	-388962	-388543	-388110	-387663	-387205	-386736	-386256	-385764
Payback			22,218	22 Anos	CashFlow Acumulado (R\$Mv)		-4200000	-4291000	-4377364	-4460207	-4539163	-4614901	-46871009	-47566020	-48224999	-48862584	-49484236	-50084148	-50662999	-51211367	-51741700	-52271807	-52764230	-53239268	-53704108	-54159448	-54605284	-55041663	-55468582	-55886041	-56294129	-56692879
Indicadores financeiros			15 Anos	25 Anos	Recorrência (R\$Mv)		70000	-52944	-51855	-51602	-51136	-51041	-50753	-50474	-49921	-49640	-49461	-49281	-49101	-48921	-48741	-48563	-48296	-48137	-47877	-47618	-47362	-47107	-46854	-46603	-46355	-46108
TIR			-50,93 15,604%	5,44%	Valor Investimento (R\$Mv)		10000	-101944	-100855	-100602	-1001364	-1000041	-997534	-994743	-991967	-989206	-986460	-983730	-981014	-978314	-975628	-972957	-970307	-967682	-965086	-962517	-959963	-957434	-954932	-952454	-949991	-947554
Payback			14,65 16,64%	22 Anos	CashFlow Acumulado (R\$Mv)		-10000	-1009975	-1019944	-1029894	-1039819	-1049714	-1059562	-1069354	-1079100	-1088799	-1098454	-1108066	-1117634	-1127157	-1136635	-1146068	-1155456	-1164799	-1174097	-1183250	-1192358	-1201421	-1210439	-1219402	-1228311	-1237164
Indicadores financeiros			15 Anos	25 Anos	Recorrência (R\$Mv)		80000 <td>-52944</td> <td>-51855</td> <td>-51602</td> <td>-511364</td> <td>-51041</td> <td>-507534</td> <td>-504743</td> <td>-499197</td> <td>-496460</td> <td>-493730</td> <td>-491014</td> <td>-488314</td> <td>-485628</td> <td>-482957</td> <td>-480307</td> <td>-477682</td> <td>-475086</td> <td>-472517</td> <td>-469963</td> <td>-467434</td> <td>-464932</td> <td>-462454</td> <td>-459991</td> <td>-457554</td> <td>-455136</td>	-52944	-51855	-51602	-511364	-51041	-507534	-504743	-499197	-496460	-493730	-491014	-488314	-485628	-482957	-480307	-477682	-475086	-472517	-469963	-467434	-464932	-462454	-459991	-457554	-455136
TIR			-46,16 10,57%	5,87 18,90%	Valor Investimento (R\$Mv)		5000000	-108044	-107855	-107602	-1071364	-1067534	-1063743	-1059874	-1056026	-1052096	-1048126	-1044157	-1040181	-1036214	-1032245	-1028275	-1024327	-1020389	-1016451	-1012513	-1008574	-1004636	-1000698	-996760	-992821	-988882
Payback			18,44	24 Anos	CashFlow Acumulado (R\$Mv)		-5000000	-5139331	-5308357	-5509103	-5740987	-6007704	-6310623	-6649261	-7025439	-7450126	-7913444	-8416279	-8969064	-9562134	-10196370	-10873416	-11589377	-12345204	-13151632	-14000069	-14893026	-15826292	-16800590	-17816578	-18874851	-19977054
Indicadores financeiros			15 Anos	25 Anos	Recorrência (R\$Mv)		90000 <td>-52944</td> <td>-51855</td> <td>-51602</td> <td>-511364</td> <td>-51041</td> <td>-507534</td> <td>-504743</td> <td>-499197</td> <td>-496460</td> <td>-493730</td> <td>-491014</td> <td>-488314</td> <td>-485628</td> <td>-482957</td> <td>-480307</td> <td>-477682</td> <td>-475086</td> <td>-472517</td> <td>-469963</td> <td>-467434</td> <td>-464932</td> <td>-462454</td> <td>-459991</td> <td>-457554</td> <td>-455136</td>	-52944	-51855	-51602	-511364	-51041	-507534	-504743	-499197	-496460	-493730	-491014	-488314	-485628	-482957	-480307	-477682	-475086	-472517	-469963	-467434	-464932	-462454	-459991	-457554	-455136
TIR			-45,22 40,54%	4,41%	Valor Investimento (R\$Mv)		10000	-115944	-114855	-114602	-1141364	-1140041	-1137534	-1134743	-1131967	-1129206	-1126460	-1123730	-1121014	-1118314	-1115628	-1112957	-1110307	-1107682	-1105086	-1102517	-1100063	-1097634	-1095232	-1092854	-1090491	-1088154
Payback			17,45 40,54%	25 Anos	CashFlow Acumulado (R\$Mv)		-100000	-1061284	-10617954	-10749512	-10879452	-11007943	-11134794	-11260126	-11385249	-11508282	-11626144	-11741354	-11853817	-11961704	-12068026	-12172292	-12275310	-12376279	-12474099	-12568872	-12663699	-12759572	-12856402	-12953186	-13049925	-13146678
Indicadores financeiros			15 Anos	25 Anos	Recorrência (R\$Mv)		100000 <td>-52944</td> <td>-51855</td> <td>-51602</td> <td>-511364</td> <td>-51041</td> <td>-507534</td> <td>-504743</td> <td>-499197</td> <td>-496460</td> <td>-493730</td> <td>-491014</td> <td>-488314</td> <td>-485628</td> <td>-482957</td> <td>-480307</td> <td>-477682</td> <td>-475086</td> <td>-472517</td> <td>-469963</td> <td>-467434</td> <td>-464932</td> <td>-462454</td> <td>-459991</td> <td>-457554</td> <td>-455136</td>	-52944	-51855	-51602	-511364	-51041	-507534	-504743	-499197	-496460	-493730	-491014	-488314	-485628	-482957	-480307	-477682	-475086	-472517	-469963	-467434	-464932	-462454	-459991	-457554	-455136
TIR			-31,92 30,51%	9,59 99,38%	Valor Investimento (R\$Mv)		1000000	-122944	-121855	-121602	-1211364	-121014	-1207534	-1204743	-1201967	-1199206	-1196460	-1193730	-1191014	-1188314	-1185628	-1182957	-1180307	-1177682	-1175086	-1172517	-1170163	-1167930	-1165809	-1163692	-1161580	-1159473
Payback			10,59	25 Anos	CashFlow Acumulado (R\$Mv)		-1000000	-1719662	-2720180	-3737000	-4748208	-5751865	-6756395	-7752306	-8739659	-9722313	-1070188	-11678225	-12645197	-13610035	-14552466	-15483927	-16404652	-17304662	-18194069	-19072486	-19939016	-20837663	-21765518	-22673782	-23572557	
Indicadores financeiros			14 Anos	25 Anos	Recorrência (R\$Mv)		7000000 <td>-52944</td> <td>-51855</td> <td>-51602</td> <td>-511364</td> <td>-51041</td> <td>-507534</td> <td>-504743</td> <td>-499197</td> <td>-496460</td> <td>-493730</td> <td>-491014</td> <td>-488314</td> <td>-485628</td> <td>-482957</td> <td>-480307</td> <td>-477682</td> <td>-475086</td> <td>-472517</td> <td>-469963</td> <td>-467434</td> <td>-464932</td> <td>-462454</td> <td>-459991</td> <td>-457554</td> <td>-455136</td>	-52944	-51855	-51602	-511364	-51041	-507534	-504743	-499197	-496460	-493730	-491014	-488314	-485628	-482957	-480307	-477682	-475086	-472517	-469963	-467434	-464932	-462454	-459991	-457554	-455136
TIR			-17,65 54,624%	1,05%	Valor Investimento (R\$Mv)		7700000	-129944	-128855	-128602	-1281364	-1280041	-1277534	-1274743	-1271967	-1269206	-1266460	-1263730	-1261014	-1258314	-1255628	-1252957	-1250307	-1247682	-1245086	-1242517	-1240063	-1237634	-1235232	-1232854	-1230491	-1228154
Payback			10,59	25 Anos	CashFlow Acumulado (R\$Mv)		-7700000	-7866238	-7942314	-8016948	-8090436	-8162879	-8234975	-8306776	-8378319	-8448736	-8518939	-8588841	-8658451	-8727814	-8796838	-8865537	-8933936	-9002073	-9069986	-9137687	-9205186	-9272392	-9339416	-9406257	-9472832	-9539254

The figure consists of two 3D surface plots. The left plot is titled 'TIR 15 anos' and the right plot is titled 'TIR 25 anos'. Both plots show the relationship between the Internal Rate of Return (TIR), the Investment Value (Valor de Investimento), and the Market Price (Preço de Mercado).

TIR 15 anos: The vertical axis (TIR) ranges from 0.00% to 100.00%. The horizontal axis (Valor de Investimento) ranges from 60000 to 100000. The depth axis (Preço de Mercado) ranges from 13.09 € to 19.27 €. The surface is a flat plane at a TIR of 0.00%.

TIR 25 anos: The vertical axis (TIR) ranges from -10.00% to 10.00%. The horizontal axis (Valor de Investimento) ranges from 60000 to 100000. The depth axis (Preço de Mercado) ranges from 13.09 € to 19.27 €. The surface is a flat plane at a TIR of 0.00%.

[illegible][illegible][illegible]

Cenario Lenta 2021 (r7MW)		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
Preço de Venda (r7MW) (16-22 anos)		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
Indicadores financeiros		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
TR		Ano		0		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22		23		24		25	
VAL		Ano		0		1		2		3		4																																											

VAL 15 anos

VAL

Preço de Mercado (€/MWh)

Valor de Investimento (€/kW)

■ -60,00-40,00 ■ -40,00-20,00 ■ -20,00-0,00 ■ 0,00-20,00 ■ 20,00-40,00 ■ 40,00-80,00

VAL 25 anos

VAL

Preço de Mercado (€/MWh)

Valor de Investimento (€/kW)

■ -60,00-40,00 ■ -40,00-20,00 ■ -20,00-0,00 ■ 0,00-20,00 ■ 20,00-40,00 ■ 40,00-60,00 ■ 60,00-80,00 ■ 80,00-100,00 ■ 100,00-120,00 ■ 120,00-140,00

Payback (Anos)	Preço de Mercado (€/MWh)					
Valor de Investimento (€/MW)	25,70	33,38	48,99	48,99	98,98	158,22
60000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	7 Anos	4 Anos
70000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	9 Anos	4 Anos	4 Anos
80000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	10 Anos	5 Anos	4 Anos
90000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	12 Anos	6 Anos	4 Anos
100000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	14 Anos	6 Anos	4 Anos
110000	>25 Anos	>25 Anos	>25 Anos	16 Anos	7 Anos	4 Anos

Salomão - Lote E (2)			
Composição Fixa no SEN	779	€/MWh	ano
Payback	4,49	€/MWh	
Calcular das horas equivalentes Produção Anual	1402	h	
Custos de Operação e Manutenção			
Degradação dos Painéis	2% - 1° Ano, 0,55% - Restantes		
Taxa de Desconto	4,22%		
Localidade	Salomão		

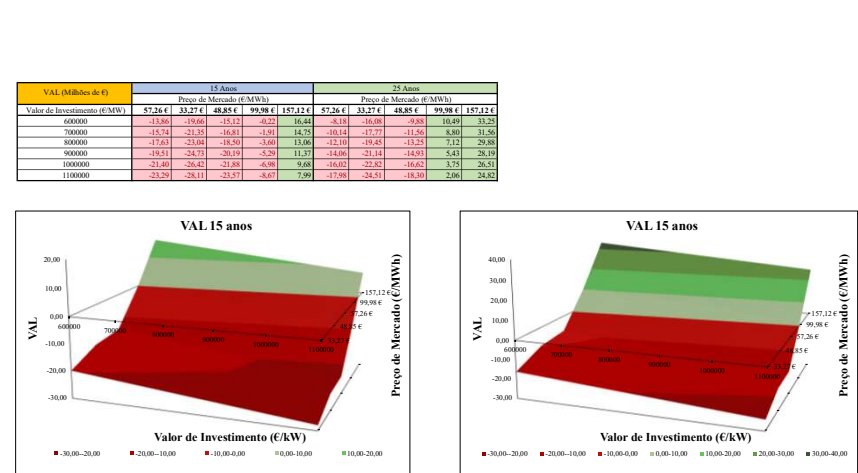
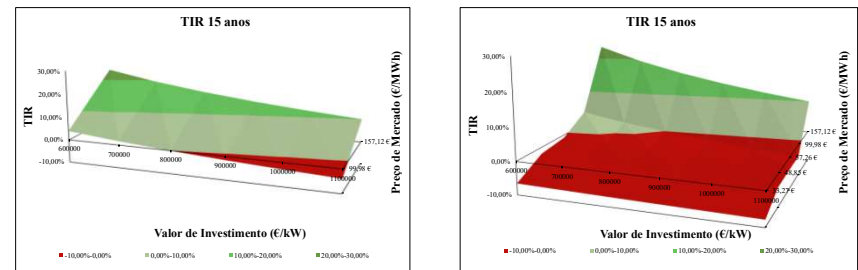
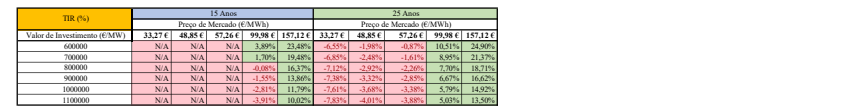
Cenário Lote 2021 (€/MWh)		Ano		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Preço de Venda (€/MWh)		15 Anos	11215	10991	10931	10870	10811	10751	10692	10633	10575	10517	10459	10401	10344	10287	10231	10174	10118	10063	10007	9952	9898	9845	9793	9745	9692		
Indicadores financeiros		25 Anos	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	62322	
Receta Bruta (€)		15 Anos	50357	49350	49078	48809	48540	48271	48002	47734	47464	47194	46925	46656	46387	46118	45849	45580	45311	45042	44773	44504	44235	43966	43697	43428	43159		
Valor Investimento (€/MWh)	-4 491 586,59 €	>25 Anos	600000	-59875	-60682	-61154	-61423	-61692	-61959	-62224	-62488	-62753	-63012	-63272	-63530	-63787	-64042	-64297	-64551	-64804	-65056	-65307	-65558	-65809	-66059	-66309	-66559	-66809	
Payback		>25 Anos	600000	-4837451	-4913502	-4967524	-5019587	-5069780	-5118110	-5164701	-5209936	-5252853	-5294832	-5334888	-5373375	-5410464	-5446551	-5481188	-5488344	-5487794	-5489288	-5490820	-5492384	-5493975	-5495587	-5497219	-5498851		
Indicadores financeiros		15 Anos	48909	49350	49078	48809	48540	48271	48002	47734	47464	47194	46925	46656	46387	46118	45849	45580	45311	45042	44773	44504	44235	43966	43697	43428	43159		
Receta Bruta (€)		25 Anos	700000	50357	49350	49078	48809	48540	48271	48002	47734	47464	47194	46925	46656	46387	46118	45849	45580	45311	45042	44773	44504	44235	43966	43697	43428	43159	
Valor Investimento (€/MWh)	-6 417 707,55 €	>25 Anos	700000	-560000	-67875	-68882	-69423	-69423	-69692	-69959	-70224	-70488	-70753	-71012	-71272	-71530	-71789	-72042	-72297	-72551	-72804	-73056	-73307	-73558	-73809	-74059	-74309	-74559	
Payback		>25 Anos	700000	-560000	-616527	-627554	-637893	-648476	-659315	-669549	-680120	-690927	-701144	-711744	-722697	-732984	-743681	-754288	-764815	-775262	-785639	-795946	-806183	-816350	-826457	-836504	-846491	-856418	
Indicadores financeiros		15 Anos	48909	49350	49078	48809	48540	48271	48002	47734	47464	47194	46925	46656	46387	46118	45849	45580	45311	45042	44773	44504	44235	43966	43697	43428	43159		
Receta Bruta (€)		25 Anos	600000	-75875	-76882	-77154	-77423	-77692	-77959	-78224	-78488	-78753	-79012	-79272	-79530	-79787	-80042	-80297	-80551	-80804	-81056	-81307	-81558	-81809	-82059	-82309	-82559	-82809	
Valor Investimento (€/MWh)	-7 256 326,54 €	>25 Anos	800000	-6412803	-6472803	-6512803	-6552803	-6592803	-6632803	-6672803	-6712803	-6752803	-6792803	-6832803	-6872803	-6912803	-6952803	-6992803	-7032803	-7072803	-7112803	-7152803	-7192803	-7232803	-7272803	-7312803	-7352803		
Indicadores financeiros		15 Anos	48909	49350	49078	48809	48540	48271	48002	47734	47464	47194	46925	46656	46387	46118	45849	45580	45311	45042	44773	44504	44235	43966	43697	43428	43159		
Receta Bruta (€)		25 Anos	900000	-81875	-84882	-85154	-85423	-85692	-85959	-86224	-86488	-86753	-87012	-87272	-87530	-87787	-88042	-88297	-88551	-88804	-89056	-89307	-89558	-89809	-90059	-90309	-90559	-90809	
Valor Investimento (€/MWh)	-8 345 921,13 €	>25 Anos	7200000	-7280479	-7318626	-7331849	-7350925	-7373947	-7401284	-7428067	-7454289	-7480946	-7507046	-7532591	-7558584	-7584026	-7609417	-7634756	-7659943	-7685078	-7710161	-7735192	-7760171	-7785108	-7810003	-7834846	-7859638	-7884379	
Payback		>25 Anos	7200000	-7280479	-7318626	-7331849	-7350925	-7373947	-7401284	-7428067	-7454289	-7480946	-7507046	-7532591	-7558584	-7584026	-7609417	-7634756	-7659943	-7685078	-7710161	-7735192	-7760171	-7785108	-7810003	-7834846	-7859638	-7884379	
Indicadores financeiros		15 Anos	48909	49350	49078	48809	48540	48271	48002	47734	47464	47194	46925	46656	46387	46118	45849	45580	45311	45042	44773	44504	44235	43966	43697	43428	43159		
Receta Bruta (€)		25 Anos	1000000	-808155	-82882	-83154	-83423	-83692	-83959	-84224	-84488	-84753	-85012	-85272	-85530	-85787	-86042	-86297	-86551	-86804	-87056	-87307	-87558	-87809	-88059	-88309	-88559	-88809	
Valor Investimento (€/MWh)	-9 154 051,41 €	>25 Anos	8000000	-808155	-817667	-825797	-833314	-84124	-848664	-856525	-864301	-872001	-879624	-887171	-894644	-902044	-909369	-916619	-923794	-930894	-937919	-944869	-951744	-958544	-965269	-971919	-978494		
Payback		>25 Anos	8000000	-808155	-825797	-833314	-84124	-848664	-856525	-864301	-872001	-879624	-887171	-894644	-902044	-909369	-916619	-923794	-930894	-937919	-944869	-951744	-958544	-965269	-971919	-978494	-985069		
Indicadores financeiros		15 Anos	48909	49350	49078	48809	48540	48271	48002	47734	47464	47194	46925	46656	46387	46118	45849	45580	45311	45042	44773	44504	44235	43966	43697	43428	43159		
Receta Bruta (€)		25 Anos	8000000	-808155	-82882	-83154	-83423	-83692	-83959	-84224	-84488	-84753	-85012	-85272	-85530	-85787	-86042	-86297	-86551	-86804	-87056	-87307	-87558	-87809	-88059	-88309	-88559	-88809	
Valor Investimento (€/MWh)	-9 919 109,69 €	>25 Anos	8000000	-808155	-817667	-825797	-833314	-84124	-848664	-856525	-864301	-872001	-879624	-887171	-894644	-902044	-909369	-916619	-923794	-930894	-937919	-944869	-951744	-958544	-965269	-971919	-978494		
Payback		>25 Anos	8000000	-808155	-825797	-833314	-84124	-848664	-856525	-864301	-872001	-879624	-887171	-894644	-902044	-909369	-916619	-923794	-930894	-937919	-944869	-951744	-958544	-965269	-971919	-978494	-985069		
Indicadores financeiros		15 Anos	48909	49350	49078	48809	48540	48271	48002	47734	47464	47194	46925	46656	46387	46118	45849	45580	45311	45042	44773	44504	44235	43966	43697	43428	43159		
Receta Bruta (€)		25 Anos	10000000	-808155	-82882	-83154	-83423	-83692	-83959	-84224	-84488	-84753	-85012	-85272	-85530	-85787	-86042	-86297	-86551	-86804	-87056	-87307	-87558	-87809	-88059	-88309	-88559	-88809	
Valor Investimento (€/MWh)	-10 154 051,41 €	>25 Anos	8000000	-808155	-817667	-825797	-833314	-84124	-848664	-856525	-864301	-872001	-879624	-887171	-894644	-902044	-909369	-916619	-923794	-930894	-937919	-944869	-951744	-958544	-965269	-971919	-978494		
Payback		>25 Anos	8000000	-808155	-825797	-833314	-84124	-848664	-856525	-864301	-872001	-879624	-887171	-894644	-902044	-909369	-916619	-923794	-930894	-937919	-944869	-951744	-958544	-965269	-971919	-978494	-985069		
Indicadores financeiros		15 Anos	48909	49350	49078	48809	48540	48271	48002	47734	47464	47194	46925	46656	46387	46118	45849	45580	45311	45042	44773	44504	44235	43966	43697	43428	43159		
Receta Bruta (€)		25 Anos	10000000	-808155	-82882	-83154	-83423	-83692	-83959	-84224	-84488	-84753	-85012	-85272	-85530	-85787	-86042	-86297	-86551	-86804	-87056	-87307	-87558	-87809	-88059	-88309	-88559	-88809	
Valor Investimento (€/MWh)	-10 919 109,69 €	>25 Anos	8000000	-808155	-817667	-825797	-833314	-84124	-848664	-856525	-864301	-872001	-879624	-887171	-894644	-902044	-909369	-916619	-923794	-930894	-937919	-944869	-951744	-958544	-965269	-971919	-978494		
Payback		>25 Anos	8000000	-808155	-825797	-833314	-84124	-848664	-856525	-864301	-872001	-879624	-887171	-894644	-902044	-909369	-916619	-923794	-930894	-937919	-944869	-951744	-958544	-965269	-971919	-978494	-985069		
Indicadores financeiros		15 Anos	48909	49350	49078	48809	48540	48271	48002	47734	47464	47194	46925	46656	46387	46118	45849	45580	45311	45042	44773	44504	44235	43966	43697	43428	43159		
Receta Bruta (€)		25 Anos	10000000	-808155	-82882	-83154	-83423	-83692	-83959	-84224	-84488	-84753	-85012	-85272	-85530	-85787	-86042	-86297	-86551	-86804	-87056	-87307	-87558	-87809	-88059	-88309	-88559	-88809	
Valor Investimento (€/MWh)	-11 736 136,54 €	>25 Anos	8000000	-808155	-817667	-825797	-833314	-84124	-848664	-856525	-864301	-872001	-879624	-887171	-894644	-902044	-909369	-916619	-923794	-930894	-937919	-944869	-951744	-958544	-965269	-971919	-978494		
Payback		>25 Anos	8000000	-808155	-825797	-833314	-84124	-848664	-856525	-864301	-872001	-879624	-887171	-894644	-902044	-909369	-916619	-923794	-930894	-937919	-944869	-951744	-958544	-965269	-971919	-978494	-985069		
Indicadores financeiros		15 Anos	48909	49350	49078	48809	48540	48271	48002	47734	47464	47194	46925	46656	46387	46118	45849	45580	45311	45042	44773	44504	44235	43966	43697	43428	43159		
Receta Bruta (€)		25 Anos	10000000	-808155	-82882	-83154	-83423	-83692	-83959	-84224	-84488	-84753	-85012	-85272	-85530	-85787	-86042	-86297	-86551	-86804	-87056	-87307	-87558	-87809	-88059	-88309	-88559	-88809	
Valor Investimento (€/MWh)	-12 644 555,41 €	>25 Anos	8000000	-808155	-817667	-825797	-833314	-84124	-848664	-856525	-864301	-872001	-879624	-887171	-894644	-902044	-909369	-916619	-923794	-930894	-937919	-944869	-951744	-958544	-965269	-971919	-978494		
Payback		>25 Anos	8000000	-808155	-825797	-833314	-84124	-848																					

Vilar Taboango - Lote 7 (CF)		
Compensação Fixa ao SEN	103302	€/MWano
	57,26	€/MWh
Potência	17	MW
Calculos das horas equivalentes Produção Anual	1642	h
Costos de Operação e Manutenção		1%
Degradação dos Painéis	2% - 1º Ano; 0,55% - Restantes	
Taxa de Desconto		4,22%
Localidade		Taboango

Cenário Lado 2021 (MWh)		Ano																									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Preço de Venda (R\$/MWh)	52,26 €	27914	27556	27205	27065	26907	26739	26612	26485	26320	26175	26031	25888	25746	25604	25463	25323	25184	25045	24908	24771	24634	24499	24364	24230	24097	
Produção Anual (MWh)		1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134
Valor pago ao SDE (R\$)		1598367	1566399	1557584	1549816	1540696	1532212	1523795	1515414	1507079	1498700	1490467	1482349	1474196	1466088	1458024	1450005	1442030	1434099	1426211	1418367	1410566	1402808	1395090	1387429	1379789	
VAL	-1.855.241,61 €																										
IR	-1.875.727,03 €																										
VAL	-3.730.968,64 €																										
IR	-3.878,77 €																										
VAL	-7.609.747,41 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-9.869.749,29 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-12.129.759,29 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-14.391.019,29 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-16.653.279,29 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-18.915.539,29 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-21.177.799,29 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-23.438.039,86 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-25.699.299,66 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-27.961.567,67 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-30.223.135,33 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-32.485.400,69 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-34.747.661,38 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-37.009.922,76 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-39.272.185,02 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-41.534.447,04 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-43.796.704,08 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-46.058.966,16 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-48.320.932,32 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-50.583.194,68 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-52.845.457,16 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-55.107.719,32 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-57.369.978,64 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-59.631.247,28 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-61.892.508,56 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-64.155.017,84 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-66.417.285,68 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-68.679.551,36 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-70.941.813,04 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-73.204.076,08 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-75.466.342,16 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-77.731.604,32 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-80.000.168,64 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-82.260.430,88 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-84.522.691,04 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-86.785.952,16 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-89.048.203,36 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-91.310.464,48 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-93.572.725,68 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-95.835.991,36 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-98.101.252,64 €																										
IR	-2.260 €																										
VAL	-100.363.513,92 €																								</		

[illegible][illegible][illegible]

		Crescimento Médio Anual 2022																											
		Ano																											
		012345678910111213141516171819202122232425																											
Preço de Venda (MWh) (16-25 anos)	151,12 €	7.914	7.756	7.720	7.766	36.007	36.739	36.612	36.485	36.326	36.175	36.031	35.888	35.746	35.604	35.463	35.323	35.184	35.045	34.908	34.771	34.634	34.499	34.364	34.230	34.097			
		1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134	1756134			
Indicadores financeiros		Recursos Brutos (€)	436005	429825	427464	425114	422753	420400	4181375	415878	413550	411281	409041	406745	404439	402124	400008	397893	395709	393545	391381	389227	387076	384931	382810	380715	378621		
VAL	14 435 541,20 €	Recursos Brutos (€)	60000	236057	248151	2524510	250134	247769	245436	243124	240824	238527	236267	234007	231751	229519	227282	225044	394883	396309	394123	391961	389877	387776	385681	383584	381515		
TIR	23,48%	Recursos Brutos (€)	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000		
Payback	5 Anos	Recursos Brutos (€)	-703859	-423886	-399478	-379197	104042	295134	477800	650982	815041	971303	111812	1260439	1395279	1524735	1645514	1762537	2485900	2321988	2411532	2525092	2647963	2790004	2946270	3109674	3324609		
Indicadores financeiros		Recursos Brutos (€)	70000	429825	427464	425114	422753	420400	4181375	415878	413550	411281	409041	406745	404439	402124	400008	397893	395709	393545	391381	389227	387076	384931	382810	380715	378621		
VAL	14 361 323,54 €	Recursos Brutos (€)	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000		
TIR	19,48%	Recursos Brutos (€)	-100000	206881	215131	2252510	225000	247689	245566	243244	240924	238673	236327	234007	231751	229519	227282	225044	394883	396309	394123	391961	389877	387776	385681	383584	381515		
Payback	6 Anos	Recursos Brutos (€)	-100000	-409199	-292306	-479204	-267136	-455474	106009	301754	481254	643867	801296	956308	1109189	1261376	1412816	1564424	1716264	2262074	2342671	2411932	2572157	2731816	2897742	3061441	3231625		
Indicadores financeiros		Recursos Brutos (€)	70000	429825	427464	425114	422753	420400	4181375	415878	413550	411281	409041	406745	404439	402124	400008	397893	395709	393545	391381	389227	387076	384931	382810	380715	378621		
VAL	13 057 439,78 €	Recursos Brutos (€)	80000	216881	228101	2326210	230000	247690	245566	243244	240924	238673	236327	234007	231751	229519	227282	225044	394883	396309	394123	391961	389877	387776	385681	383584	381515		
TIR	16,37%	Recursos Brutos (€)	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000		
Payback	7 Anos	Recursos Brutos (€)	-116871	-727125	-468029	-436567	-231849	-43436	139707	319226	490389	629119	822791	1014508	1207187	1415307	1700711	1988260	2266785	2544725	2826467	3109248	3392713	3681078	3961335	4242878	4521903		
Indicadores financeiros		Recursos Brutos (€)	436005	429825	427464	425114	422753	420400	4181375	415878	413550	411281	409041	406745	404439	402124	400008	397893	395709	393545	391381	389227	387076	384931	382810	380715	378621		
VAL	11 868 399,26 €	Recursos Brutos (€)	90000	236057	248151	2527510	250400	248669	247566	245341	243124	240873	238627	236301	233911	231719	229506	394883	396309	394123	392104	390077	387976	385881	383777	381675	379572		
TIR	16,26%	Recursos Brutos (€)	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000		
Payback	8 Anos	Recursos Brutos (€)	-1276780	-891245	-816487	-660494	-406625	-212901	-306339	142598	367245	487311	612414	757328	888094	1015599	1136389	1246773	1537092	1725296	1905387	2076583	2248910	2343120	2542039	2644162	2841515		
Indicadores financeiros		Recursos Brutos (€)	150000	436005	429825	427464	425114	422753	420400	4181375	415878	413550	411281	409041	406745	404439	402124	400008	397893	395709	393545	391381	389227	387076	384931	382810	380715		
VAL	9 267 113,14 €	Recursos Brutos (€)	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000		
TIR	11,79%	Recursos Brutos (€)	-100000	206881	2152131	2252510	225000	248169	245836	243524	241224	238903	236627	234301	231971	229649	227380	225164	394883	396709	394525	392301	390077	387880	385693	383515	381355		
Payback	9 Anos	Recursos Brutos (€)	-1468723	-1041776	-8611776	-6903629	-4529220	-273738	1182973	2809336	4178223	5482973	6811823	8126734	9437618	10748234	12058734	13369234	15275183	17162634	19053873	20945013	22836153	24727293	26618433	28509573	30400713		
Indicadores financeiros		Recursos Brutos (€)	436005	429825	427464	425114	422753	420400	4181375	415878	413550	411281	409041	406745	404439	402124	400008	397893	395709	393545	391381	389227	387076	384931	382810	380715	378621		
VAL	7 990 287,03 €	Recursos Brutos (€)	110000	236057	248151	2525910	250600	248269	247056	245842	243623	241404	239187	236972	234755	232538	230321	394883	396609	394425	392101	389877	387653	385429	383205	380981	378757		
TIR	10,02%	Recursos Brutos (€)	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000	-100000		
Payback	10 Anos	Recursos Brutos (€)	-1876001	-1381583	-1158079	-954061	-741776	-551892	-368442	-196058	-312852	-123187	274459	415771	556903	697822	839298	1060794	1204083	1390618	1578729	1961079	2071524	2205196	2342781	2482238	2621855		



ANEXO V

ANEXO VI

Hi-MO 4_m

LR4-72HPH 445~465M

- Suitable for ground power plants and distributed projects
- Advanced module technology delivers superior module efficiency
 - M6 Gallium-doped Wafer
 - 9-busbar Half-cut Cell
- Excellent outdoor power generation performance
- High module quality ensures long-term reliability



12-year Warranty for
Materials and Processing



25-year Warranty for Extra
Linear Power Output

Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730

ISO9001:2015: ISO Quality Management System

ISO14001: 2015: ISO Environment Management System

ISO45001: 2018: Occupational Health and Safety

TS62941: Guideline for module design qualification and type approval

LONGi



21.4%
MAX MODULE
EFFICIENCY

0~3%
POWER
TOLERANCE

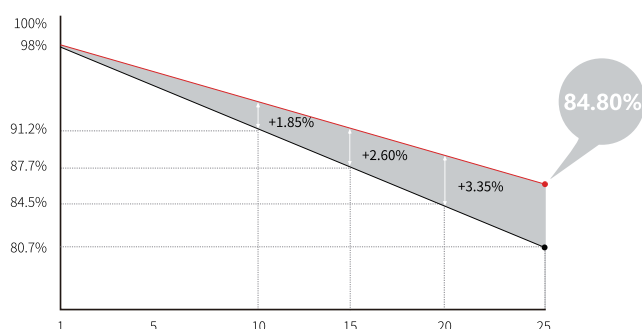
<2%
FIRST YEAR
POWER DEGRADATION

0.55%
YEAR 2-25
POWER DEGRADATION

HALF-CELL
Lower operating temperature

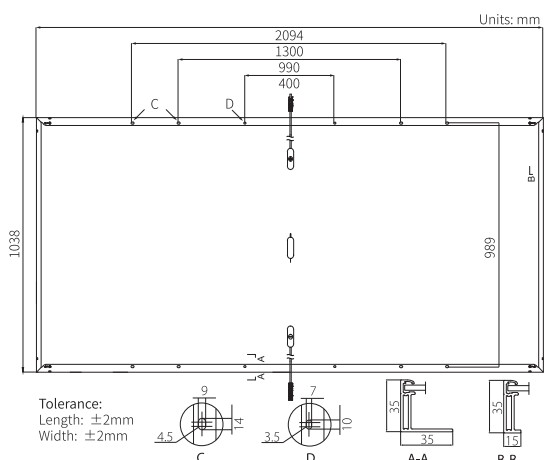
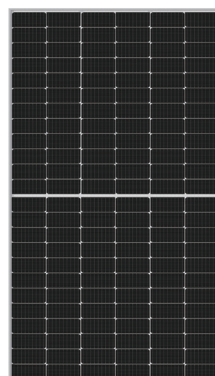
Additional Value

25-Year Power Warranty



Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6×24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , +400, -200mm/±1400mm length can be customized
Glass	Single glass, 3.2mm coated tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	24.3kg
Dimension	2094×1038×35mm
Packaging	30pcs per pallet / 150pcs per 20' GP / 660pcs per 40' HC



Electrical Characteristics

STC : AM1.5 1000W/m² 25°C NOCT : AM1.5 800W/m² 20°C 1m/s Test uncertainty for Pmax: ±3%

Module Type	LR4-72HPH-445M		LR4-72HPH-450M		LR4-72HPH-455M		LR4-72HPH-460M		LR4-72HPH-465M	
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	445	334.3	450	338.0	455	341.8	460	345.5	465	349.3
Open Circuit Voltage (Voc/V)	49.1	46.2	49.3	46.4	49.5	46.5	49.7	46.7	49.9	46.9
Short Circuit Current (Isc/A)	11.53	9.35	11.60	9.41	11.66	9.46	11.73	9.51	11.79	9.56
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	41.3	38.4	41.5	38.6	41.7	38.8	41.9	39.0	42.1	39.2
Current at Maximum Power (Imp/A)	10.78	8.70	10.85	8.75	10.92	8.81	10.98	8.86	11.05	8.91
Module Efficiency(%)	20.5		20.7		20.9		21.2		21.4	

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ 3%
Voc and Isc Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	20A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Fire Rating	UL type 1 or 2 IEC Class C

Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.050%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.265%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.340%/°C

ANEXO VII

2 MW

platform



V90-2.0 MW™ IEC IIA/IEC S

Power regulation	Pitch regulated with variable speed
Operating data	
Rated power	2,000kW
Cut-in wind speed	4m/s
Cut-out wind speed	25m/s
Re cut-in wind speed	23m/s
Wind class	IEC IIA/IEC S
Standard operating temperature range from -20°C to 40°C	
Sound power	
Maximum	104dB*
* Sound Power Modes available	
Rotor	
Rotor diameter	90m
Swept area	6,362m ²
Air brake	full blade feathering with 3 pitch cylinders
Electrical	
Frequency	50/60Hz
Generator type	4-pole (50Hz)/6-pole (60Hz) doubly fed generator, slip rings
Gearbox	
Type	one planetary stage and two helical stages
Tower	
Hub heights	80m (IEC S) Site and country specific
Nacelle dimensions	
Height for transport	4m
Height installed (incl. CoolerTop®)	5.4m
Length	10.4m
Width	3.5m

Hub dimensions

Max. transport height	3.4m
Max. transport width	4m
Max. transport length	4.2m

Blade dimensions

Length	44m
Max. chord	3.9m

Max. weight per unit for transportation	70 metric tonnes
---	------------------

Turbine options

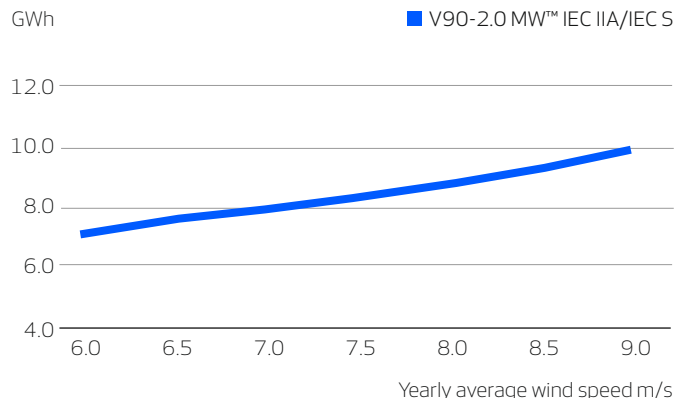
- Power Optimised Modes up to 2.2 MW (site specific)
- Condition Monitoring System
- Smoke Detection
- Shadow Detection
- Low Temperature Operation to -30°C
- Aviation Lights
- Aviation Markings on the Blades
- Vestas IntelliLight®
- Vestas Bat Protection System

Sustainability

Carbon Footprint	9.7g CO ₂ e/kWh
Return on energy break-even	11 months
Lifetime return on energy	21 times
Recyclability rate	82%

Configuration: 80m hub height, Vavg=7.0m/s. Depending on site-specific conditions. Metrics are based on an externally reviewed Life Cycle Assessment available on vestas.com

Annual energy production



Assumptions

One wind turbine, 100% availability, 0% losses, k factor = 2
Standard air density = 1.225, wind speed at hub height

ANEXO VIII

PROCEDIMENTO CONCORRENCIAL PARA ATRIBUIÇÃO DE RESERVA DE CAPACIDADE DE INJEÇÃO EM PONTOS DE LIGAÇÃO À REDE ELÉTRICA DE SERVIÇO PÚBLICO PARA ELETRICIDADE A PARTIR DA CONVERSÃO DE ENERGIA SOLAR POR CENTROS ELETROPRODUTORES FOTOVOLTAICOS FLUTUANTES A INSTALAR EM ALBUFEIRAS (Despacho n.º 11740-B/2021, dos Gabinetes do Secretário de Estado Adjunto e da Energia e da Secretária de Estado do Ambiente, publicado no Diário da República nº 230, 2ª Série, de 26 de novembro)

Resultados Globais dos Lotes sujeitos a Leilão (2021)

Lote	Potência disponível	Localização	Subestação de ligação / Posto de Corte	Concorrente vencedor	VAL (€/MVA)	Potência Adjudicada (MVA)	Compensação Fixa ao SEN		Prémio Variável por Diferenças	
							(€/MVA/Ano)	(€/MWh) (1)	(%)	(€/MWh) (2)
1	100	Alqueva	Alqueva	EDP Renewables, SGPS, S.A.	956612	70			110,00	- 4,13
3	33	Cabril	Penela	Voltalia Portugal, S.A.	9332	33			1,01	41,03
4	42	Alto Rabagão	Frades	Endesa Generación Portugal, S.A.	557630	42	45 713,10	25,70		
5	13	Paradela	Frades	Finerge S.A.	47990	13	3 934,10	2,27		
6	8	Salamonde	Cançada	Finerge S.A.	94892	8	7 779,00	4,49		
7	17	Tabuaço	Vila da Rua	Finerge S.A.	1260128	17	103 302,00	57,26		
TOTAL						183				

Notas:

(1) Os valores horários da “Compensação fixa ao SEN” foram calculados a partir do valor anual que resultou do leilão e do número de horas equivalentes de produção anual do lote em questão

(2) Os valores horários do “Prémio Variável por Diferenças” foram calculados por aplicação do desconto que resultou do leilão ao preço base de licitação do lote em questão

Lisboa, 19 de abril de 2022

O Júri do Procedimento:

Presidente

Assinado por: **VÍTOR MANUEL DA SILVA SANTOS**
Num. de Identificação: 07555608
Data: 2022.04.14 15:25:03+01'00'

Vitor Santos

Vogal

Assinado por: **JORGE MANUEL GARCIA ESTEVES**
Num. de Identificação: 10229149
Data: 2022.04.14 14:53:59+01'00'

Jorge Esteves

Vogal

MARIA TERESA DE CARVALHAL SOARES PONCE ÁLVARES VIEIRA
Assinado de forma digital por MARIA TERESA DE CARVALHAL SOARES PONCE ÁLVARES VIEIRA
Dados: 2022.04.14 13:23:49 +01'00'

Teresa Álvares