

## **Associação de tecnologias de energias renováveis**

Caso de estudo de hibridização de pequenos aproveitamentos hidroelétricos  
em Portugal Continental com parques solares fotovoltaicos

**João André Antunes Matos Lopes**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia e Gestão da Energia**

Orientadores: Prof. Maria Manuela Portela Correia dos Santos Ramos da Silva

Prof. Miguel Centeno da Costa Ferreira Brito

**Júri**

Presidente: Prof. Jorge de Saldanha Gonçalves Matos

Orientador: Prof. Maria Manuela Portela Correia dos Santos Ramos da Silva

Vogal: Prof. João Manuel Almeida Serra

**Novembro 2022**



## Declaração

A presente dissertação foi realizada por João André Antunes Matos Lopes, aluno do Instituto Superior Técnico, no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão da Energia, e no decorrer do ano letivo de 2021/2022.

O seu autor declara que:

- Todo o conteúdo das páginas que se seguem constitui um trabalho original de autoria própria e cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa, decorrendo do estudo, investigação e desenvolvimento do seu autor.
- Quaisquer materiais utilizados para a produção deste documento foram identificados de uma forma clara e citados corretamente, não colocando em causa direitos de Propriedade Intelectual de terceiras entidades ou sujeitos.
- Este trabalho não foi previamente submetido como elemento de avaliação em qualquer outra instituição de ensino para obtenção de um grau académico ou habilitação.
- Concede ao Instituto Superior Técnico uma licença perpétua, mas não exclusiva, para utilizar esta dissertação para fins de ensino ou investigação.



## Agradecimentos

Esta dissertação constitui o culminar do meu percurso académico o que, necessariamente, representa um marco numa das mais importantes e desafiantes etapas da minha vida. Aproveito esta oportunidade para manifestar o meu profundo agradecimento a todas as pessoas e instituições que influenciaram de forma positiva a minha experiência escolar em geral, e o meu trajeto no ensino superior em particular.

Aos dois docentes que empregaram o seu tempo e conhecimento à elaboração da presente dissertação, com um especial reconhecimento à professora que reparou em mim de entre tantos outros alunos, me apresentou a este projeto, e acreditou nas minhas capacidades mesmo quando eu próprio tive dúvidas. Quero ainda destacar a incessante disponibilidade e prontidão no apoio que prestou (tantas vezes em horário noturno, fins-de-semana e férias), o incentivo e a preocupação que demonstrou, a partilha de sabedoria, a paciência e tolerância ao erro, e a sua experiência e pragmatismo que tornaram esta viagem muito mais impactante e recompensadora.

Aos dois pilares que me deram condições financeiras e emocionais para frequentar o ensino superior e, mais importante, sempre me transmitiram amor e confiança incondicionais, fizeram sacrifícios para eu me sentir especial e um privilegiado no mundo, e me incentivaram e deram todas as possibilidades para poder atingir com sucesso todos os meus objetivos pessoais, e às quais espero poder retribuir um dia.

À personalidade que representa para mim um exemplo de esforço e determinação e que, ao ser a primeira graduada universitária do meu agregado familiar, elevou a fasquia, expandiu horizontes, e se tornou num modelo a seguir, inspirando-me a reproduzir os seus passos.

Ao meu melhor amigo desde o primeiro dia por representar um exemplo de vontade e competitividade, e pela importância que assume ao expressar regularmente o orgulho e a confiança que tem em mim e nas minhas qualidades intelectuais, enaltecendo-as tanto na minha presença como na minha ausência.

À minha parceira em todos os momentos por ser a primeira pessoa com quem eu festejo as minhas conquistas, desabafo os meus problemas e partilho os meus sonhos, e por ter a capacidade de julgar imparcialmente e opinar construtivamente não só sobre o presente projeto, mas também relativamente a todos os temas e dilemas que enfrento no meu dia-a-dia.

A todos os que estimularam os meus interesses, ampliaram e diversificaram o meu conhecimento, promoveram o desenvolvimento do meu raciocínio, e melhoraram a minha experiência curricular. Há momentos e pessoas que, de forma inesperada, assumiram um papel determinante no rumo da minha vida. A todos o meu muito obrigado!

Finalmente, quero dedicar esta conquista pessoal à matriarca da família que faleceu durante a redação deste documento.



## Abstract

The research carried out aimed to analyze technologically and economically the hybridization of hydro and solar energy sources. The sites under study were the Covas do Barroso and Pinhel hydroelectric plants, which currently operate exclusively based on hydroelectric energy and are limited to a maximum contracted power, that is, grid injection. The historical records of electricity production are not very significant and, for that reason, it was made an attempt to reproduce the operation of those facilities over a longer period of time. Through the analysis of simulated hydroelectric energy data, the production of photovoltaic energy was estimated for different values of installed solar power, from 1 to 7 Megawatt-peak (MWp).

In the technological analysis, the existing hydropower source was prioritized and, observing the results, it was noticed an evident complementarity with the solar source, concluding that the two can coexist. In the economic analysis, the internal rates of return of sequential samples were determined for 30-year cycles and it was concluded that only a pessimistic forecast of revenue from the produced energy would result in the rejection of the project. The optimal solution for Covas do Barroso is determined by the installation between 3 and 4 MWp, and for Pinhel the installation between 4 and 5 MWp.

## Key words

Hybridization; hydropower plant; photovoltaic solar park; renewable energies; economic profitability.





## Resumo

A investigação levada a cabo visou analisar tecnológica e economicamente a hibridização das fontes de energia hídrica e solar. Os locais em estudo foram os aproveitamentos hidroelétricos de Covas do Barroso e Pinhel, que operam atualmente exclusivamente baseados em energia hidroelétrica e estão limitados a uma potência máxima contratada, isto é, de injeção na rede. Os registos históricos da produção de energia elétrica são pouco significativos e, por esse motivo, procurou-se reproduzir o funcionamento daqueles aproveitamentos num intervalo de tempo mais extenso. Através da análise de dados simulados da energia hidroelétrica, estimou-se a produção de energia fotovoltaica para diferentes valores de potência solar instalada, de 1 a 7 Megawatt-pico (MWp).

Na análise tecnológica priorizou-se a fonte de energia hídrica já existente e, observando os resultados, verificou-se uma complementaridade evidente com a fonte solar, concluindo-se que as duas podem coexistir. Na análise económica determinaram-se as taxas internas de rentabilidade de amostras sequenciais para ciclos de 30 anos e concluiu-se que apenas uma previsão pessimista da receita proveniente da energia produzida resultaria na inviabilidade do projeto. A solução ótima para Covas do Barroso é determinada pela instalação entre 3 e 4 MWp, e para Pinhel a instalação entre 4 e 5 MWp.

## Palavras-chave

Hibridização; aproveitamento hidroelétrico; parque solar fotovoltaico; energias renováveis; rentabilidade económica.



# Índice

Declaração.....	iii
Agradecimentos.....	v
Abstract.....	vii
Key words.....	vii
Resumo .....	ix
Palavras-chave.....	ix
Lista de figuras.....	xiii
Lista de tabelas.....	xv
Lista de abreviaturas, notações e unidades .....	xix
1. Introdução .....	1
1.1. Tema principal e objetivo .....	1
1.2. Casos de estudo .....	1
1.3. Organização do documento.....	1
2. Revisão da literatura .....	3
2.1. Produção hidroelétrica.....	3
2.2. Produção fotovoltaica .....	5
2.3. Produção de energia elétrica por hibridização .....	7
2.4. Modelo de regionalização de escoamentos .....	9
2.5. Correlação amostral .....	10
2.6. Análise de rentabilidade económica .....	12
2.7. Análise de tendências de séries temporais.....	15
3. Metodologia .....	17
3.1. Contexto e local de investigação.....	17
3.2. Estratégia metodológica.....	17
3.2.1. Identificação da energia renovável complementar à existente.....	17
3.2.2. Estimção de caudais médios diários.....	19
3.2.3. Simulação da produção energética .....	20
3.2.4. Análise económica .....	24
3.3. Apresentação e descrição dos dados recolhidos .....	25

3.3.1.	Características dos centros eletroprodutores .....	25
3.3.2.	Caudais médios diários registados nas estações hidrométricas .....	27
3.3.3.	Estimativa preliminar de produção de energia fotovoltaica .....	27
3.3.4.	Características do equipamento fotovoltaico.....	29
3.3.5.	Parâmetros económicos.....	29
4.	Resultados .....	33
4.1.	Apresentação de resultados .....	33
4.1.1.	Energia hidroelétrica .....	33
4.1.2.	Energia fotovoltaica .....	36
4.1.3.	Energia híbrida.....	42
4.1.4.	Indicadores económicos.....	51
4.2.	Síntese .....	57
5.	Conclusões.....	59
5.1.	Objetivos e resultados.....	59
5.2.	Limitações e melhorias.....	60
5.3.	Desenvolvimentos futuros.....	60
	Referências bibliográficas.....	61
	Apêndices.....	65
	Anexos.....	97

## Lista de figuras

Figura 1: Esquema de um pequeno aproveitamento hidroelétrico (adaptado de <sup>4</sup> ). .....	3
Figura 2: Esquema de um parque solar fotovoltaico (adaptado de <sup>10</sup> ). .....	6
Figura 3: Comparação do coeficiente de correlação de amostras de dados bivariados (adaptado de <sup>22</sup> ). .....	11
Figura 4: Transferência de fluxos monetários unitários em função da taxa de atualização (adaptado de <sup>24</sup> ). .....	13
Figura 5: Tendência de uma série temporal através da média móvel (adaptado de <sup>29</sup> ). .....	16
Figura 6: Energias mensais médias e correspondentes potências para utilização à plena carga (P = 6.40 MW), referentes à exploração do AHE de Covas do Barroso entre outubro de 2005 e setembro de 2021. .	18
Figura 7: Energias mensais médias e correspondentes potências para utilização à plena carga (P = 6.76 MW), referentes à exploração do AHE de Pinhel entre outubro de 2006 e setembro de 2021. ....	18
Figura 8: Série solar adimensional em Covas do Barroso num ano padrão <sup>37</sup> . .....	28
Figura 9: Série solar adimensional em Pinhel num ano padrão <sup>38</sup> . .....	28
Figura 10: Garantia de desempenho energético do painel fotovoltaico (adaptado de <sup>39</sup> ). .....	29
Figura 11: AHE de Covas do Barroso. Produções hidroelétricas mensais reais e decorrentes da simulação diária da exploração da central. ....	34
Figura 12: AHE de Covas do Barroso. Produções hidroelétricas anuais reais e decorrentes da simulação diária da exploração da central. ....	34
Figura 13: AHE de Pinhel. Produções hidroelétricas mensais reais e decorrentes da simulação diária da exploração da central. ....	35
Figura 14: AHE de Pinhel. Produções hidroelétricas anuais reais e decorrentes da simulação diária da exploração da central. ....	35
Figura 15: Energia fotovoltaica bruta anual média em função da potência instalada. ....	37
Figura 16: Energia fotovoltaica por MWp anual média em função da potência instalada. ....	37
Figura 17: Energia fotovoltaica bruta em função da energia hidroelétrica simulada em Covas do Barroso. ....	38
Figura 18: Energia fotovoltaica bruta em função da energia hidroelétrica real em Covas do Barroso. ....	38
Figura 19: Energia fotovoltaica por MWp em função da energia hidroelétrica simulada em Covas do Barroso. ....	39
Figura 20: Energia fotovoltaica por MWp em função da energia hidroelétrica real em Covas do Barroso. ....	39
Figura 21: Energia fotovoltaica bruta em função da energia hidroelétrica simulada em Pinhel. ....	40
Figura 22: Energia fotovoltaica bruta em função da energia hidroelétrica real em Pinhel. ....	40
Figura 23: Energia fotovoltaica por MWp em função da energia hidroelétrica simulada em Pinhel. ....	41
Figura 24: Energia fotovoltaica por MWp em função da energia hidroelétrica real em Pinhel. ....	41
Figura 25: Energia simulada para 1 MWp instalado em Covas do Barroso num ano seco (1991/1992). ....	42
Figura 26: Energia simulada para 1 MWp instalado em Pinhel num ano seco (1991/1992). ....	42
Figura 27: Energia simulada para 1 MWp instalado em Covas do Barroso num ano seco (2004/2005). ....	43
Figura 28: Energia simulada para 1 MWp instalado em Pinhel num ano seco (2004/2005). ....	43
Figura 29: Energia simulada para 1 MWp instalado em Covas do Barroso num ano médio (1957/1958). ....	44
Figura 30: Energia simulada para 1 MWp instalado em Pinhel num ano médio (1957/1958). ....	44

Figura 31: Energia simulada para 1 MWp instalado em Covas do Barroso num ano médio (1973/1974). .....	44
Figura 32: Energia simulada para 1 MWp instalado em Pinhel num ano médio (1973/1974). .....	45
Figura 33: Energia simulada para 1 MWp instalado em Covas do Barroso num ano húmido (1959/1960). .....	45
Figura 34: Energia simulada para 1 MWp instalado em Pinhel num ano húmido (1959/1960). .....	46
Figura 35: Energia simulada para 1 MWp instalado em Covas do Barroso num ano húmido (1965/1966). .....	46
Figura 36: Energia simulada para 1 MWp instalado em Pinhel num ano húmido (1965/1966). .....	46
Figura 37: Valores simulados da produção de energia em Covas do Barroso. ....	47
Figura 38: Valores simulados da produção cumulativa de energia em Covas do Barroso. ....	47
Figura 39: Produção de energia hidroelétrica real e correspondente energia fotovoltaica em Covas do Barroso. .....	48
Figura 40: Produção cumulativa em Covas do Barroso com base em valores de energia hidroelétrica real. ....	48
Figura 41: Produção de energia hidroelétrica real e correspondente energia fotovoltaica em Pinhel.....	49
Figura 42: Produção cumulativa em Pinhel com base em valores de energia hidroelétrica real. ....	49
Figura 43: Valores reais da produção de energia em Pinhel. ....	50
Figura 44: Valores reais da produção cumulativa de energia em Pinhel.....	50
Figura 45: TIR para custo do equipamento de 650 €/kWp e preço da energia pessimista em Covas do Barroso.	51
Figura 46: TIR para custo do equipamento de 715 €/kWp e preço da energia pessimista em Covas do Barroso.	51
Figura 47: TIR para custo do equipamento de 650 €/kWp e preço da energia intermédio em Covas do Barroso. .....	52
Figura 48: TIR para custo do equipamento de 715 €/kWp e preço da energia intermédio em Covas do Barroso. .....	52
Figura 49: TIR para custo do equipamento de 650 €/kWp e preço da energia otimista em Covas do Barroso....	53
Figura 50: TIR para custo do equipamento de 715 €/kWp e preço da energia otimista em Covas do Barroso....	53
Figura 51: TIR para custo do equipamento de 650 €/kWp e preço da energia pessimista em Pinhel. ....	54
Figura 52: TIR para custo do equipamento de 715 €/kWp e preço da energia pessimista em Pinhel. ....	54
Figura 53: TIR para custo do equipamento de 650 €/kWp e preço da energia intermédio em Pinhel. ....	55
Figura 54: TIR para custo do equipamento de 715 €/kWp e preço da energia intermédio em Pinhel. ....	55
Figura 55: TIR para custo do equipamento de 650 €/kWp e preço da energia otimista em Pinhel.....	56
Figura 56: TIR para custo do equipamento de 715 €/kWp e preço da energia otimista em Pinhel.....	56
Figura 57: TIR máximas registadas no aproveitamento hidroelétrico de Covas do Barroso. ....	57
Figura 58: TIR máximas registadas no aproveitamento hidroelétrico de Pinhel. ....	57

## Lista de tabelas

Tabela 1: Série temporal com aplicação da média móvel aritmética (adaptado de <sup>27</sup> ). .....	15
Tabela 2: Modelo de simulação da exploração diária das centrais dos aproveitamentos hidroelétricos de Covas do Barroso e Pinhel <sup>30,31</sup> . .....	22
Tabela 3: Características gerais do AHE de Covas do Barroso <sup>30</sup> . .....	26
Tabela 4: Características gerais do AHE de Pinhel <sup>31</sup> . .....	27
Tabela 5: Características e custos dos equipamentos necessários para a instalação do parque solar nos AHE de Covas do Barroso e Pinhel. ....	30
Tabela 6: Média dos valores anuais da energia fotovoltaica produzida nos AHE de Covas do Barroso e Pinhel. ....	36
Tabela 7: Energia hidroelétrica mensal real e simulada no AHE de Covas do Barroso entre março de 1999 e dezembro de 2006. ....	65
Tabela 8: Energia hidroelétrica mensal real e simulada no AHE de Covas do Barroso entre janeiro 2007 e dezembro de 2014. ....	66
Tabela 9: Energia hidroelétrica mensal real e simulada no AHE de Covas do Barroso entre janeiro de 2015 e setembro de 2017. ....	67
Tabela 10: Energia hidroelétrica mensal real e simulada no AHE de Pinhel entre abril de 2004 e setembro de 2011. ....	68
Tabela 11: Energia hidroelétrica anual real e simulada no AHE de Covas do Barroso entre 1999 e 2017. ....	69
Tabela 12: Energia hidroelétrica anual real e simulada no AHE de Pinhel entre 2004 e 2011. ....	69
Tabela 13: Energia solar bruta e energia solar por MWp para valores de energia hidroelétrica simulados no AHE de Covas do Barroso entre os anos hidrológicos de 1957/1958 e 2016/2017. ....	70
Tabela 14: Energia solar bruta e energia solar por MWp para valores de energia hidroelétrica simulados no AHE de Pinhel entre os anos hidrológicos de 1955/1956 e 2010/2011. ....	71
Tabela 15: Energia solar bruta e energia solar por MWp para valores de energia hidroelétrica reais no AHE de Covas do Barroso entre os anos hidrológicos de 2005/2006 e 2020/2021 (com ausência de 2011/2012). ....	72
Tabela 16: Energia solar bruta e energia solar por MWp para valores de energia hidroelétrica reais no AHE de Pinhel entre os anos hidrológicos de 2006/2007 e 2020/2021. ....	72
Tabela 17: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica simulados no AHE de Covas do Barroso entre outubro de 1957 e setembro de 1969. ....	73
Tabela 18: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica simulados no AHE de Covas do Barroso entre outubro de 1969 e setembro de 1981. ....	74
Tabela 19: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica simulados no AHE de Covas do Barroso entre outubro de 1981 e setembro de 1993. ....	75
Tabela 20: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica simulados no AHE de Covas do Barroso entre outubro de 1993 e setembro de 2005. ....	76

Tabela 21: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica simulados no AHE de Covas do Barroso entre outubro de 2005 e setembro de 2017. ....	77
Tabela 22: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica simulados no AHE de Pinhel entre outubro de 1955 e setembro de 1969. ....	78
Tabela 23: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica simulados no AHE de Pinhel entre outubro de 1969 e setembro de 1983. ....	79
Tabela 24: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica simulados no AHE de Pinhel entre outubro de 1983 e setembro de 1997. ....	80
Tabela 25: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica simulados no AHE de Pinhel entre outubro de 1997 e setembro de 2011. ....	81
Tabela 26: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica reais no AHE de Covas do Barroso entre outubro de 2005 e setembro de 2011. ....	82
Tabela 27: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica reais no AHE de Covas do Barroso entre outubro de 2011 e setembro de 2021. ....	83
Tabela 28: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica reais no AHE de Pinhel entre outubro de 2006 e setembro de 2011. ....	83
Tabela 29: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica reais no AHE de Pinhel entre outubro de 2011 e setembro de 2021. ....	84
Tabela 30: TIR para custo unitário do equipamento de 650 €/kWp e preço de energia pessimista, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Covas do Barroso. ....	85
Tabela 31: TIR para custo unitário do equipamento de 715 €/kWp e preço de energia pessimista, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Covas do Barroso. ....	86
Tabela 32: TIR para custo unitário do equipamento de 650 €/kWp e preço de energia intermédio, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Covas do Barroso. ....	87
Tabela 33: TIR para custo unitário do equipamento de 715 €/kWp e preço de energia intermédio, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Covas do Barroso. ....	88
Tabela 34: TIR para custo unitário do equipamento de 650 €/kWp e preço de energia otimista, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Covas do Barroso. ....	89
Tabela 35: TIR para custo unitário do equipamento de 715 €/kWp e preço de energia otimista, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Covas do Barroso. ....	90



Tabela 36: TIR para custo unitário do equipamento de 650 €/kWp e preço de energia pessimista, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Pinhel. ....	91
Tabela 37: TIR para custo unitário do equipamento de 715 €/kWp e preço de energia pessimista, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Pinhel. ....	92
Tabela 38: TIR para custo unitário do equipamento de 650 €/kWp e preço de energia intermédio, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Pinhel. ....	93
Tabela 39: TIR para custo unitário do equipamento de 715 €/kWp e preço de energia intermédio, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Pinhel. ....	94
Tabela 40: TIR para custo unitário do equipamento de 650 €/kWp e preço de energia otimista, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Pinhel. ....	95
Tabela 41: TIR para custo unitário do equipamento de 715 €/kWp e preço de energia otimista, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Pinhel. ....	96
Tabela 42: Receita da produção de energia fotovoltaica especulada para o período entre 2023 e 2052 <sup>40</sup> .....	97



## Lista de abreviaturas, notações e unidades

$a$ – ano	$P$ – Potência; Valor monetário presente
AHE – Aproveitamento hidroelétrico	$P_a$ – Potência solar aproveitada
$B/C$ – Índice benefício/custo	$P_d$ – Potência fotovoltaica disponível
$c$ – Preço de venda de energia	$P_{hid}$ – Potência hidroelétrica
$ckWh$ – Custo médio do quilowatt-hora	$P_{fot}$ – Potência fotovoltaica
$E$ – Energia	$P_{max}$ – Potência máxima do módulo fotovoltaico
EH – Estação hidrométrica	PV – Parque solar fotovoltaico
$E_{hid}$ – Energia hidroelétrica	$Q$ – Caudal médio
$E_{fot}$ – Energia fotovoltaica	$Q_a$ – Caudal médio diário afluente
$E_{sol}$ – Energia proveniente do equipamento solar	$Q_e$ – Caudal médio diário efluente
$f$ – Fator de atualização; Fator de transposição; Fator de recuperação	$Q_{eco}$ – Caudal ecológico
$F$ – Valor monetário futuro	$Q_{min}$ – Caudal mínimo de arranque da turbina
$G$ – Radiação solar incidente	$Q_{max}$ – Caudal máximo turbinável
$GWh$ – Gigawatt-hora	$Q_{mod}$ – Módulo
$H$ – Altura do escoamento	$Q_{rega}$ – Caudal de rega
$ha$ – Hectare	$Q_t$ – Caudal turbinado
$hm$ – Hectómetro	$r$ – Coeficiente de correlação
$H_u$ – Queda útil equivalente	$R$ – Receitas
$i$ – Índice; Taxa de atualização	$s$ – Segundo
$I$ – Investimentos	SNIRH – Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos
$J$ – Joule	$T$ – Temperatura do módulo fotovoltaico
$km$ – Quilómetro	$TIR$ – Taxa interna de rentabilidade
$kN$ – Quilonewton	$VAL$ – Valor atualizado líquido
$kW$ – Quilowatt-hora	$V_{arm}$ – Volume de água armazenado
$kWh$ – Quilowatt-hora	$V_{ecl}$ – Volume de eclusagem
$kWp$ – Quilowatt-pico	$V_t$ – Volume turbinado
$l$ – Litro	$\Delta t$ – Intervalo de tempo
$m$ – Metro	$\eta$ – Rendimento médio global da central hidroelétrica
$MMA$ – Média móvel aritmética	$\eta_{inv}$ – Rendimento do inversor
$MW$ – Megawatt	% – Percentagem
$MWh$ – Megawatt-hora	€ – Euro
$MWp$ – Megawatt-pico	$\forall$ – Volume afluente
$n$ – Número de elementos	$\gamma$ – Peso volúmico da água



# 1. Introdução

## 1.1. Tema principal e objetivo

O tema da investigação de mestrado levada a cabo insere-se no âmbito da hibridização de energias renováveis, a qual envolve a associação de duas ou mais tecnologias de produção de energia elétrica com base em fontes renováveis, compartilhando um mesmo ponto de conexão com a rede elétrica nacional, para garantir um fornecimento mais estável e competitivo<sup>1</sup>.

Mais concretamente, pretendeu-se estudar a aplicabilidade da hibridização em instalações já existentes (energia hídrica), acrescentado um novo módulo de outra fonte (energia solar) à tecnologia de geração de eletricidade. Nesse sentido, uma instalação hidroelétrica pode usufruir da energia hidroelétrica durante os períodos chuvosos e da energia fotovoltaica nos períodos secos, garantindo assim uma produção de eletricidade mais estável e eficiente.

## 1.2. Casos de estudo

Os casos de estudo considerados respeitaram aos aproveitamentos hidroelétricos de Covas do Barroso (rios Covas e Couto) e Pinhel (ribeiras das Cabras e da Pêga), localizados nos concelhos de Boticas e de Pinhel, respetivamente, propriedade da empresa *Lusiterg – Projetos Energéticos, Lda.*, uma das empresas do grupo *Hidroerg - Projetos Energéticos, Lda.* Pretendeu-se, assim, simular a produção hidroelétrica atual, analisar técnica e economicamente a viabilidade da implementação de uma nova fonte de energia complementar à existente e, numa avaliação favorável, identificar as condições ótimas para tal implementação.

## 1.3. Organização do documento

Este documento está organizado em cinco capítulos: **1.** Introdução; **2.** Revisão da literatura; **3.** Metodologia; **4.** Resultados; e **5.** Conclusões. O presente primeiro capítulo introduz o tema do trabalho, justifica a sua pertinência, esclarece o propósito do projeto, dá a conhecer os locais intervenientes e as atividades por eles exploradas, e apresenta a organização do documento. O segundo capítulo destina-se a reunir informação sobre o estudo em áreas basilares ao tema que está a ser investigado. O terceiro capítulo propõe-se a dar informação sobre os procedimentos gerais adotados, e a apresentar e descrever os dados utilizados. O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos, organizados nos termos em que o enunciado do problema foi abordado. Por fim, o quinto capítulo revisita todas as etapas do trabalho, faz o balanço entre os objetivos iniciais e os resultados alcançados, e reflete sobre as limitações registadas ao longo da investigação.



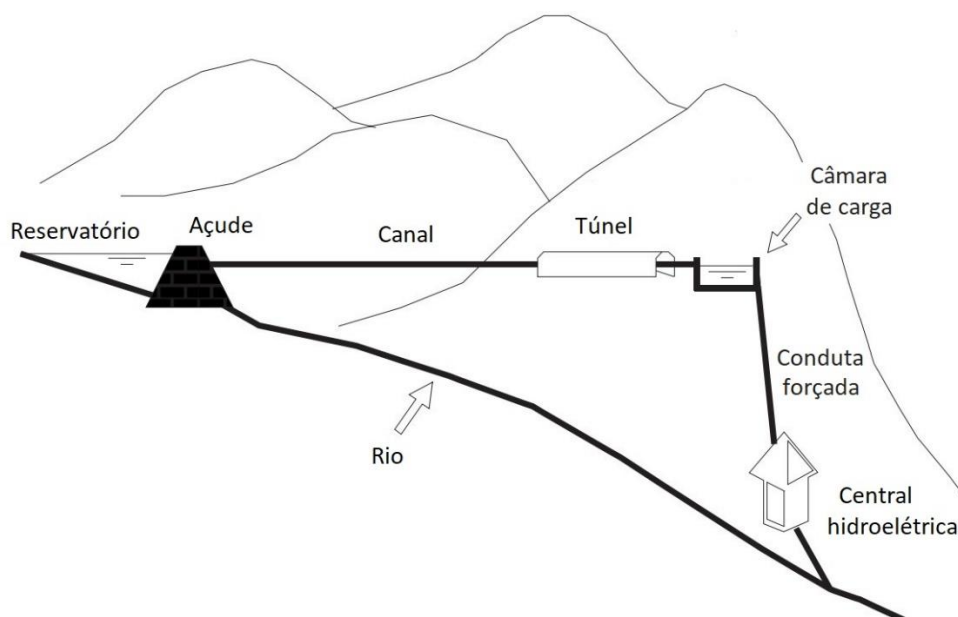
## 2. Revisão da literatura

### 2.1. Produção hidroelétrica

A energia hidroelétrica é uma fonte de energia renovável baseada no ciclo natural da água. A maioria dos seus impactos ambientais advêm das alterações impostas no ecossistema, como a mudança na biodiversidade, a alteração dos regimes de escoamento dos rios, o deslocamento populacional das espécies ou a alteração da qualidade da água. Por outro lado, quando estabelecida num local adequado, esta fonte é uma tecnologia de geração de energia renovável confiável e económica<sup>2</sup>.

Um aproveitamento hidroelétrico é um empreendimento capaz de converter a energia potencial de uma massa de água em energia elétrica. Consoante a potência instalada, assim se distinguem entre grandes e pequenos aproveitamentos hidroelétricos. A presente investigação insere-se no domínio destes últimos aproveitamentos, os quais, por regra, têm potência instaladas inferiores a 10 MW.

Em termos muito genéricos, num pequeno aproveitamento hidroelétrico parte da água que se escoia inicialmente num rio é artificialmente represada através de uma barragem ou açude, de modo a ser desviada para um circuito hidráulico que alimenta uma central hidroelétrica. Nessa central a energia potencial da água decorrente da queda topográfica criada ao longo do circuito hidráulico é convertida em energia cinética fazendo girar uma ou mais turbinas que, por sua vez, fornecem energia mecânica necessária para promover a ação de um gerador e produzir eletricidade<sup>3</sup>. Na *Figura 1* apresenta-se um possível esquema de um pequeno aproveitamento hidroelétrico.



*Figura 1: Esquema de um pequeno aproveitamento hidroelétrico (adaptado de <sup>4</sup>).*

A figura anterior ilustra algumas das principais componentes de um pequeno aproveitamento hidroelétrico. A montante, a maioria deste tipo de aproveitamentos conta com uma pequena obra de retenção transversal – uma barragem ou um açude – que cria um reservatório artificial que sobreleva o plano de água de modo a criar cota que permita a derivação de parte dos caudais fluviais para o circuito hidráulico, para o que tal obra tem de ser munida de uma tomada de água. Adicionalmente, o reservatório artificial assim criado pode ter capacidade para armazenamento parcial dos volumes de água a ele afluentes. Não tendo tal capacidade, a exploração do aproveitamento diz-se a fio-de-água. Neste caso os caudais turbinados seguem o padrão do regime natural afluente até ao limite do caudal de dimensionamento do aproveitamento hidroelétrico, assegurando os caudais ambientais ou ecológicos e os afetos a outras utilizações prioritárias (rega ou abastecimento urbano). A jusante da barragem ou açude insere-se frequentemente um canal de derivação praticamente de nível e com escoamento em superfície livre. O atravessamento pelo canal de eventuais singularidades topográficas pode requerer a execução de túneis. No trecho inicial do canal e também ao longo do mesmo são frequentemente instalados descarregadores nas suas paredes laterais com o objetivo de devolver ao curso de água os caudais aduzidos em excesso. A jusante do canal insere-se a câmara de carga que promove a transição entre o escoamento em superfície livre no canal e o escoamento em pressão na conduta forçada que, desenvolvendo-se a jusante daquela câmara, alimenta a central. A câmara de carga está frequentemente munida de descarregadores de superfície destinados a observar os caudais excessivos que resultam dos regimes transitórios, nomeadamente, decorrentes da paragem súbita das turbinas. Na central hidroelétrica estão instaladas as turbinas e o gerador, a par com demais equipamento hidromecânico (como sejam válvulas) e elétrico. Finalmente, o transformador e as linhas de transmissão são responsáveis por, respetivamente, transformar a corrente alternada em corrente de alta tensão e transportar a eletricidade gerada para um ponto de conexão à rede<sup>2</sup>.

Como já foi mencionado anteriormente, a finalidade de uma turbina hidráulica é transformar a energia potencial da água em energia mecânica rotacional através do seu eixo rotativo. Esta transformação pode ocorrer através de dois mecanismos diferentes que posicionam as turbinas em duas categorias principais: turbinas de ação ou impulsão (ex. turbinas Pelton) e turbinas de reação (ex. turbinas Francis). Nas turbinas de ação, a pressão da água é convertida em energia cinética em forma de jatos de alta velocidade, convenientemente orientados para as pás montadas na periferia da roda. As turbinas de reação são atravessadas pelo escoamento sob pressão, o qual aplica uma força na face das pás do rotor e que diminui à medida que o atravessa<sup>4</sup>.

A potência instalada na central hidroelétrica,  $P_{hid}$  (kW), é dada por<sup>5</sup>:

$$P_{hid} = \gamma Q H_u \eta \quad (1)$$



em que  $\gamma$  ( $kN/m^3$ ) representa o peso volúmico da água,  $Q$  ( $m^3/s$ ) é o caudal,  $H_u$  ( $m$ ), queda útil, e  $\eta$  o rendimento hidráulico da turbina. A energia produzida,  $E_{hid}$  ( $kWh$ ), é dada por:

$$E_{hid} = \frac{V_t \times H_u}{\frac{3600}{\gamma\eta}} \quad (2)$$

em que  $\gamma$ ,  $Q$ ,  $H_u$  e  $\eta$  têm o mesmo significado descrito anteriormente, e  $V_t$  ( $m^3$ ) representa o volume de água turbinado.

As turbinas são sempre dimensionadas para funcionarem numa dada gama de caudais entre um valor mínimo (frequentemente, de ordem de 30% do caudal máximo, embora dependente do tipo de turbina) e um valor máximo, adotado como caudal de dimensionamento do aproveitamento hidroelétrico. Num aproveitamento a fio-de-água, isto é, munido de uma albufeira sem qualquer capacidade de regularização, sempre que os caudais fluviais excedentários dos caudais garantidos (ecológicos e afetos a utilizações prioritárias) forem inferiores ao caudal mínimo da turbina não ocorre produção de eletricidade, sendo tais caudais devolvidos ao rio. De modo a permitir o turbinamento desses caudais é frequentemente criado ao longo do circuito hidráulico um pequeno volume para armazenamento em regime de eclusagem (ou volume de eclusagem) desses caudais. Sempre que tal volume está cheio, a central hidroelétrica arranca com o respetivo caudal mínimo, parando quando o volume fica esvaziado. O volume de eclusagem pode ser conseguido, por exemplo, mediante o alteamento em parte ou na totalidade do desenvolvimento do canal, das suas paredes laterais do canal de modo que os seus bordos superiores fiquem ao nível do regime.

A viabilidade de um empreendimento hidroelétrico é fortemente condicionada pela orografia do território e pela disponibilidade de recursos hídricos superficiais. Estes dois fatores determinam, respetivamente, as quedas e os volumes de água turbináveis. No pressuposto que, numa dada região, é sempre possível identificar quedas topográficas suscetíveis de serem utilizadas para produção de energia, o potencial de um aproveitamento hidroelétrico deve, em primeiro lugar, garantir a disponibilidade de caudais fluviais. Este condicionalismo é especialmente relevante em Portugal Continental, dada a irregularidade dos recursos hídricos superficiais que caracteriza o país, onde mais de 85% dos escoamentos ocorrem durante o semestre húmido<sup>6</sup>.

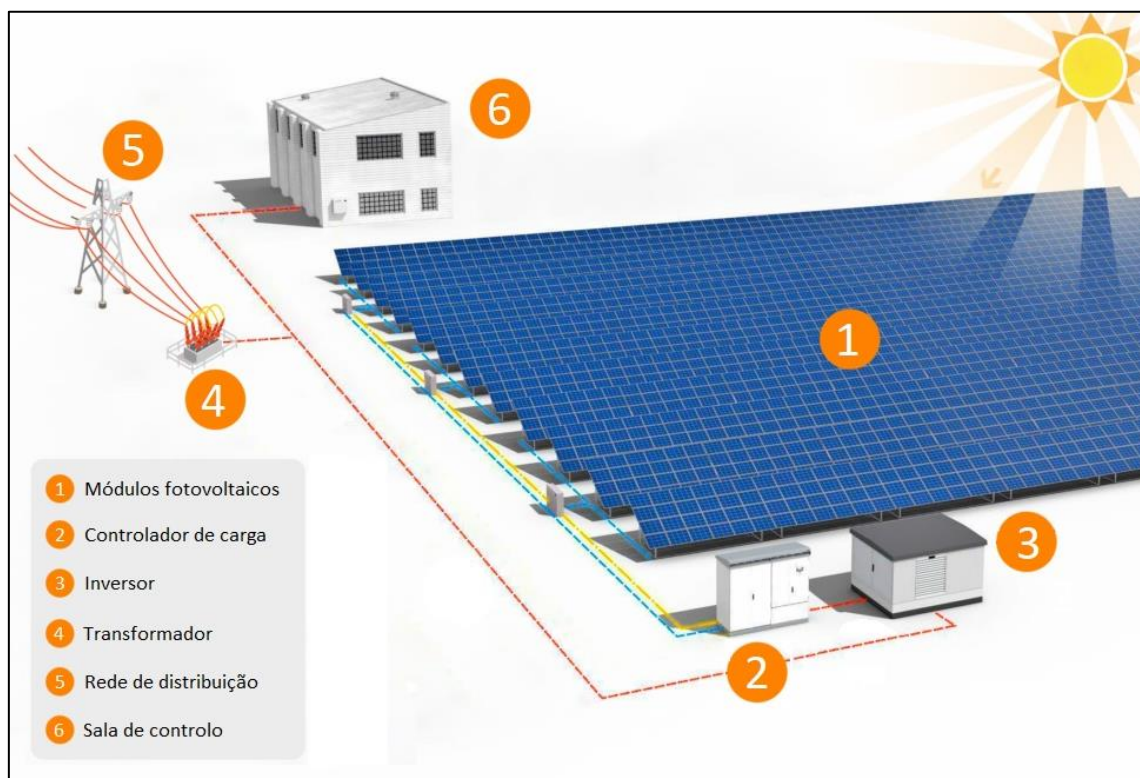
## 2.2. Produção fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica insere-se numa das indústrias com maior crescimento em todo o mundo. Esta fonte de energia caracteriza-se por ser limpa, confiável, e ter alta disponibilidade. Por outro lado, apesar dos baixos custos de operação e manutenção, o sistema fotovoltaico apresenta um elevado encargo inicial, necessita de uma área de instalação relativamente grande e depende fortemente das condições geográficas<sup>7</sup>.

A energia solar fotovoltaica é definida como a energia gerada através da conversão direta da radiação solar em eletricidade. Esta conversão ocorre devido ao efeito fotovoltaico, que foi observado pela primeira vez em 1839 por Edmund Becquerel<sup>8</sup>. Este efeito ocorre através da absorção da radiação solar, que induz uma diferença de potencial em materiais semicondutores. Este tipo de materiais, quando estabelecidos em grandes áreas, formam as células constituintes dos painéis fotovoltaicos, responsáveis pela captação da radiação solar no processo de produção de energia<sup>9</sup>.

Os sistemas fotovoltaicos têm acompanhado a evolução científica, e presencia-se atualmente uma variedade crescente de soluções tecnológicas para a produção deste tipo de energia. Existem muitas tecnologias diferentes aplicadas à produção das células fotovoltaicas, que diferem essencialmente pelas suas especificações e pelo material dominante utilizado. Entre os principais sistemas, distinguem-se as células caracterizadas pela utilização do silício monocristalino ou silício policristalino, sendo a tecnologia com maior eficiência e a mais dominante no mercado. Outra alternativa corrente é baseada em filmes finos e utiliza elementos químicos como o silício amorfo, telureto de cádmio ou disseleneto de cobre. Por fim, com conceitos ainda em desenvolvimento e em fase de pesquisa, existem as células orgânicas ou poliméricas<sup>8</sup>.

Os sistemas solares fotovoltaicos são tipicamente compostos por módulos fotovoltaicos, inversores, transformador, baterias ou acumuladores e respetivos controladores de carga, quando necessário<sup>7</sup>. Na *Figura 2* é apresentado o esquema de um parque solar fotovoltaico típico.



*Figura 2: Esquema de um parque solar fotovoltaico (adaptado de <sup>10</sup>).*

Os inversores são dispositivos eletrônicos que convertem corrente contínua em corrente alternada, permitindo a aplicação direta da energia elétrica em todo o tipo de equipamentos. Os transformadores são responsáveis pela transformação da energia elétrica de média tensão em alta tensão, para que esta possa ser injetada na rede de distribuição. As baterias têm a funcionalidade de armazenar a energia gerada pelos módulos fotovoltaicos. Os controladores de carga contribuem para aumentar a eficiência do sistema e têm como principal função proteger os acumuladores, evitando que estes sofram sobrecargas de tensão ou sejam descarregados completamente. Contudo, nos empreendimentos onde existe ligação à rede de distribuição, a energia produzida pode ser diretamente transferida para a rede elétrica. Por fim, e como já foi mencionado anteriormente, os painéis são compostos por células fotovoltaicas que convertem diretamente a energia solar em eletricidade<sup>8</sup>.

A potência máxima de uma única célula fotovoltaica é insuficiente para a maioria das aplicações, e é por este motivo que as células são agrupadas em série ou em paralelo. O número de células de cada módulo é determinado pela tensão e corrente da carga a alimentar. A sua potência máxima depende, entre outros fatores, da radiação incidente e da temperatura da célula. Identifica-se uma diminuição da potência máxima quando a radiação solar incidente diminui ou quando a temperatura da célula aumenta<sup>11</sup>. Assim, uma estimativa da energia fotovoltaica produzida,  $E_f$ , é dada por<sup>11</sup>:

$$E_{fot} = \eta_{inv} \sum_{i=1}^n P_{max}(G, T)_i \Delta t_i \quad (3)$$

em que  $\eta_{inv}$  representa o rendimento do inversor,  $n$  é o número de períodos de tempo considerado,  $P_{max}(G, T)$  representa a potência máxima do módulo em função da radiação solar incidente e da temperatura da célula no intervalo de tempo definido, e  $\Delta t$  é intervalo de tempo considerado.

Atualmente, uma instalação fotovoltaica apresenta uma vida útil operacional de trinta anos, e a sua garantia por manutenção imprópria ou eventos atmosféricos é limitada a cinco anos. Este tempo de vida útil está fortemente relacionado com a degradação das células constituintes que, a longo prazo, se caracterizam pela perda da eficiência na conversão da radiação solar em eletricidade. A temperatura, a radiação solar, a humidade e poeira são alguns dos principais fatores responsáveis por essa degradação<sup>7</sup>.

### 2.3. Produção de energia elétrica por hibridização

O aumento da utilização das fontes renováveis é inevitável, dados os seus numerosos benefícios no desenvolvimento sustentável, no equilíbrio do crescimento socioeconómico e na preservação do meio ambiente para as gerações atual e futura<sup>12</sup>.

No entanto, na maioria das situações as fontes de energia renovável têm uma forte componente de variabilidade, o que aumenta a incerteza da disponibilidade do recurso energético, quer seja por imprevisibilidade atmosférica, ou por falta de dispositivos de armazenamento de capacidade adequada. Este panorama torna necessária a análise de investimentos em alternativas de modo a mitigar os seus constrangimentos. Nessa perspetiva e em adição à abundância destes recursos, as fontes renováveis são extremamente complementares entre si, e combinadas conferem flexibilidade, consistência e confiabilidade na produção de energia<sup>12,13</sup>.

Dessa complementaridade surgem os sistemas híbridos, que geram eletricidade a partir de duas ou mais fontes, compartilhando um mesmo ponto de conexão, na expectativa de que uma seja complementar à outra, tornando a produção mais constante, por exemplo, durante interrupções decorrentes de atividades de manutenção ou meramente minimizando a intermitência da produção de eletricidade que decorre da variabilidade natural do recurso renovável<sup>14</sup>.

Uma unidade de geração híbrida pode ser desenvolvida de raiz ou pode ser estabelecida a partir de uma instalação já existente, acrescentando uma nova componente de outra fonte renovável à tecnologia original de geração. Neste segundo caso, ainda que a soma das potências da tecnologia inicial e de hibridização excedam necessariamente qualquer uma das potências em jogo, a potência suscetível de ser ligada à rede elétrica nacional nunca pode ultrapassar a atribuída à tecnologia original.

Os tipos de energia elétrica por hibridização mais comuns são<sup>1</sup>:



Fotovoltaica + Eólica



Hidráulica + Eólica



Fotovoltaica + Hidráulica



Termossolar + Biomassa

A exploração da diversidade e complementaridade dos diferentes recursos renováveis tem atualmente uma importância extrema, uma vez que contribui para o equilíbrio na produção de eletricidade e para a estabilidade da energia elétrica fornecida, aumenta a flexibilidade do sistema elétrico e a eficiência no aproveitamento dos recursos, maximiza a utilização da capacidade de ligação à rede licenciada, e rentabiliza e otimiza a utilização das infraestruturas existentes, nomeadamente, nos setores da energia eólica, energia solar e energia hídrica<sup>15</sup>.

Ainda assim, de modo a atingir a normalização da utilização destes sistemas e a recolha dos seus benefícios, existem ainda algumas questões a enfrentar e ultrapassar, como os custos elevados de investimento e infraestruturas apropriadas, a embrionária regulamentação, os impactos visuais negativos no meio ambiente, e o aumento da complexidade da operação e manutenção, exigindo investimentos na modernização e inteligência da rede elétrica<sup>12</sup>.

O dimensionamento ótimo das componentes individuais de um sistema híbrido de produção de eletricidade representa uma etapa extremamente importante na sua implementação. Para dimensionar com precisão essas componentes, é necessária a simulação do conjunto das tecnologias em presença sob condições reais ou simuladas de operação, envolvendo dados, por exemplo, de insolação, de caudal afluente ou de velocidade do vento<sup>13</sup>.

O acesso à energia sustentável continua a ser um fator determinante para o crescimento e desenvolvimento do planeta. Reitera-se a necessidade evidente de acesso rápido a estas fontes renováveis e à exploração de serviços e gestão de energia atuais muito mais evoluídos e eficazes, contribuindo para o avanço económico sustentável e para o alcance dos objetivos ambientais<sup>16</sup>.

## 2.4. Modelo de regionalização de escoamentos

A rede fluvial de Portugal Continental apenas é monitorizada nas escassas secções relativas a estações hidrométricas sendo que, por regra, as intervenções naquela rede ocorrem em trechos de rio, não dispondo de registos de caudais que permitiam avaliar as disponibilidades hídricas a diferentes escalas temporais. No entanto, existem modelos que permitem aceder a esse conhecimento com algum rigor. De entre esses modelos destaca-se o de regionalização baseado na altura do escoamento anual médio, ou seja, baseado no volume do escoamento anual médio expresso em altura de água uniformemente distribuída sobre a área em planta da bacia hidrográfica a que aquele escoamento respeita. Com efeito, tal altura proporciona uma poderosa ferramenta que permite caracterizar de forma fácil e suficientemente fiável a variabilidade temporal relativa do escoamento fluvial e proceder à estimativa do respetivo valor em bacias hidrográficas não monitorizadas<sup>17</sup>.

O regime fluvial de água de Portugal Continental é caracterizado pela forte e consistente dependência entre a altura do escoamento anual médio e a variabilidade temporal relativa do escoamento em cursos de água. O modelo a que se recorreu para obter séries de caudais médios diários afluentes aos aproveitamentos hidroelétricos adotados como casos de estudo utiliza aquela altura como parâmetro de regionalização de informação hidrométrica, permitindo transpor tal informação.

Designa-se por  $H_1$  a altura do escoamento anual médio numa secção de um curso de água onde são conhecidos os caudais afluentes, ou seja, correspondente a uma estação hidrométrica e por  $H_2$ , uma secção sem informação hidrométrica e para a qual se pretende obter os correspondentes caudais afluentes. Sendo as alturas do escoamento anual médio  $H_1$  e  $H_2$  suficientemente próximas e não diferindo significativamente as características geológicas e geotécnicas das bacias, é possível proceder à transposição da informação hidrométrica disponível na secção 1 para a secção 2 onde essa informação não existe mediante aplicação de qualquer uma das seguintes equações, aplicáveis independentemente do nível temporal e, tanto quanto os estudos sobre o assunto demonstraram, das áreas das bacias hidrográficas em presença, desde que ambas as bacias se encontrem em regime natural<sup>17,18</sup>:

$$H_{i,j}^2 = H_{i,j}^1 \frac{\bar{H}_2}{\bar{H}_1} \quad (4)$$

$$Q_{i,j}^2 = Q_{i,j}^1 \frac{\bar{V}_2}{\bar{V}_1} \quad (5)$$

$$Q_{i,j}^2 = Q_{i,j}^1 \frac{Qmod_2}{Qmod_1} \quad (6)$$

$$V_{i,j}^2 = V_{i,j}^1 \frac{\bar{V}_2}{\bar{V}_1} \quad (7)$$

$$V_{i,j}^2 = V_{i,j}^1 \frac{Qmod_2}{Qmod_1} \quad (8)$$

em que  $H$  representa a altura do escoamento,  $Q$  é o caudal médio,  $Qmod$  representa o módulo,  $V$  é o volume afluente,  $j$  representa o intervalo de tempo em análise (dia, mês ou estação),  $i$  o respetivo ano, e os índices 1 e 2 identificam as secções de cálculo. Estas equações podem ser aplicadas à transposição de escoamentos anuais, bastando para isso suprimir o índice  $j$ <sup>17</sup>.

De modo a alcançar uma maior exatidão na aplicação deste modelo, a transposição deve ser aplicada em bacias hidrográficas tão próximas quanto possível e com características geomorfológicas e de ocupação semelhantes, de modo a garantir a proximidade dos valores de  $H_1$  e  $H_2$ , bem como a validade dos pressupostos inerentes ao modelo de regionalização. Desta maneira, a informação deduzida para uma secção não monitorizada de um curso de água é mais precisa e melhor se adequa às especificidades do seu regime hidrológico<sup>19</sup>.

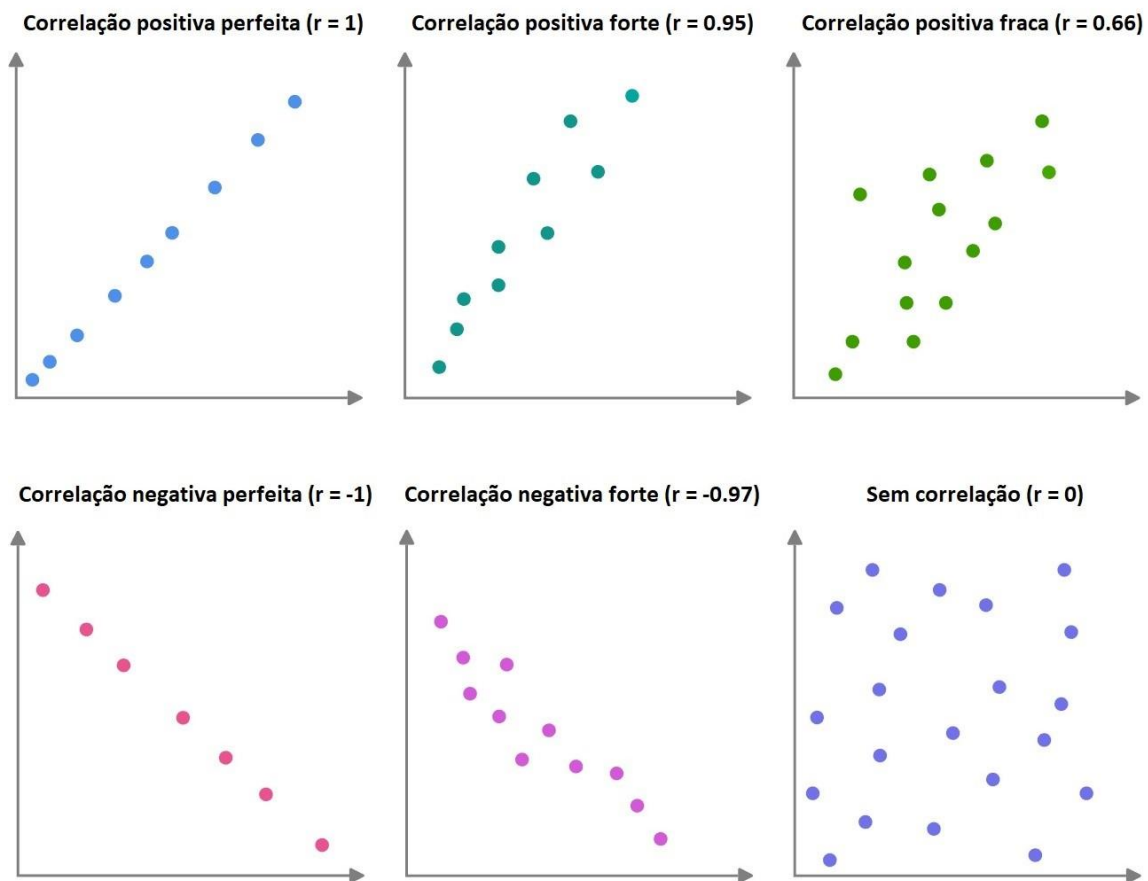
Para efeitos de aplicação do anterior modelo ao estabelecimento de séries de caudais médios diários afluentes a cada caso de estudo foi necessário atribuir a tal caso uma estação hidrométrica que cumprisse os requisitos do modelo de regionalização.

## 2.5. Correlação amostral

A associação ou dependência entre duas variáveis quantitativas pode ser descrita pelo coeficiente de correlação amostral de Pearson. Este parâmetro expressa numericamente a associação linear de uma amostra de dados bivariados e assume valores compreendidos entre -1 e 1. O grau de associação linear entre as variáveis será tanto maior quanto maior for o módulo do coeficiente, fazendo com que os dados, quando representados numa nuvem de pontos em gráficos de dispersão, se aproximem de uma reta<sup>20</sup>. O valor do coeficiente de correlação,  $r$ , é então dado por<sup>21</sup>:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (9)$$

em que  $x$  e  $y$  representam as variáveis do conjunto de dados em estudo, e  $\bar{x}$  e  $\bar{y}$  são os valores médios de cada variável. O sinal do resultado da equação anterior reflete ainda a inclinação da linha de regressão ajustada ao conjunto de dados: é crescente caso o coeficiente de correlação seja positivo, decrescente se for negativo, e constante no caso de este ser nulo<sup>21</sup>. Na *Figura 3* é possível observar a aplicação desta equação no cálculo do coeficiente de correlação de amostras de dados bivariados representados em gráficos de dispersão.



*Figura 3: Comparação do coeficiente de correlação de amostras de dados bivariados (adaptado de <sup>22</sup>).*

Por fim, é importante referir que, o facto de existirem, por regra, dados para além dos que foi possível incluir na amostra, a correlação não prova necessariamente a existência de uma relação causa-efeito entre duas variáveis em presença<sup>20</sup>.

## 2.6. Análise de rentabilidade económica

A decisão final sobre o desenvolvimento de um projeto, ou a seleção entre soluções alternativas para o mesmo, é geralmente baseada numa análise económica afeta à vida útil desse projeto. É possível que num sistema de hibridização existam várias propostas de desenvolvimento tecnicamente possíveis e com ganhos monetários associados. Tais propostas têm de ser cuidadosamente avaliadas através de parâmetros económicos e, quando os projetos alternativos servem o propósito de forma semelhante, deve realizar-se uma cuidadosa comparação entre benefícios e custos, de igual modo, com base naquele tipo de parâmetros. A eficácia da análise económica depende essencialmente do rigor das estimativas dos fluxos monetários em presença os quais são, em certas situações, extremamente difíceis de prever, particularmente na fase inicial onde são preliminarmente definidas as características dos empreendimentos<sup>23</sup>.

Os custos associados ao desenvolvimento de um projeto podem ser agrupados em três categorias: os custos de capital que ocorrem durante o período de construção, os custos anuais de exploração e manutenção durante a vida útil do projeto, e os custos de reposição relativos à substituição dos equipamentos com vida útil inferior à do projeto. Em relação à receita, do ponto de vista do investidor, o único benefício tangível num pequeno aproveitamento hidroelétrico a que se associou uma componente híbrida fotovoltaica é a receita anual com a venda da produção de energia. Esta receita depende essencialmente da quantidade de energia produzida por ambas as tecnologias e das condições que regem o setor energético, específicas em cada país, nomeadamente a política tarifária e as condições do contrato de venda de energia produzida<sup>24</sup>. A receita com a venda da eletricidade num dado intervalo de tempo,  $R$  (€), é dada por:

$$R = E \times c \quad (10)$$

em que  $E$  ( $GWh$ ) representa a energia produzida naquele intervalo de tempo e  $c$  (€/GWh) o preço médio de venda dessa energia.

Numa análise económica é imprescindível trabalhar com custos e receitas referentes a todo o período de vida útil do projeto, que podem ser representados por fluxos passados, presentes ou futuros, e que não são imediatamente comparáveis<sup>25</sup>. Uma mesma unidade monetária, como o euro por exemplo, vale mais no presente do que no futuro. Ao longo dos anos esta situação torna-se mais acentuada e a conversão do valor monetário pode ser expressa em função de uma taxa de atualização,  $i$ . O valor desta taxa depende, entre outros fatores, da situação económica e financeira do país, do risco que envolve o investimento específico em causa, da taxa de inflação futura esperada e da disponibilidade de capital<sup>24</sup>. Esta dinâmica de conversão de fluxos monetários é ilustrada na *Figura 4*:



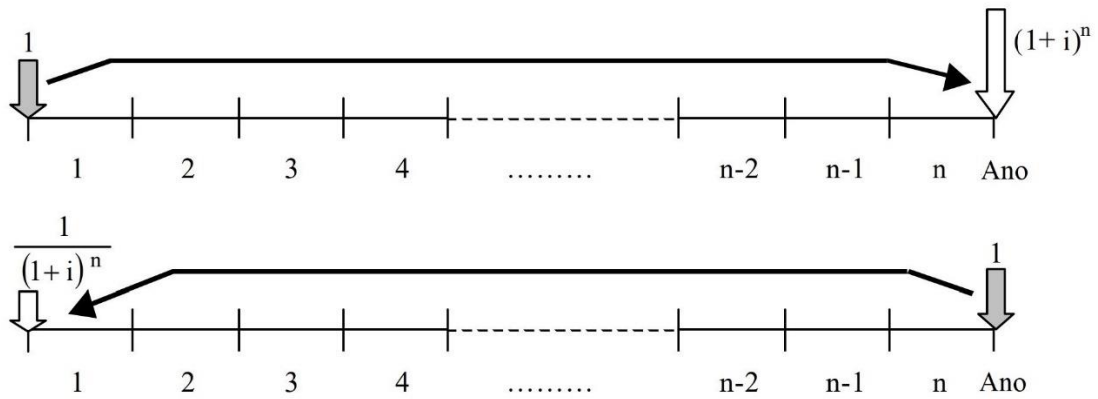


Figura 4: Transferência de fluxos monetários unitários em função da taxa de atualização (adaptado de <sup>24</sup>).

O fator de atualização  $1/(1+i)^n$  expressa a depreciação sofrida pelos fluxos monetários futuros quando são transferidos para o presente, e o fator de capitalização  $(1+i)^n$  expressa o aumento sofrido pelos valores monetários presentes quando são transferidos para o futuro, representando  $n$  o número de anos em causa. De acordo com este conceito, o valor presente,  $P$ , de um fluxo monetário que ocorre no futuro,  $F$ , é dado por<sup>23</sup>:

$$P = \frac{F}{(1+i)^n} \quad (11)$$

De forma análoga, o valor monetário futuro,  $F$ , de um investimento original que ocorre no presente,  $P$ , é dado por<sup>23</sup>:

$$F = P(1+i)^n \quad (12)$$

Estando-se em presença, não de fluxos variáveis no tempo, mas das chamadas anuidades, isto é, de uma sequência de  $n$  anos com fluxos com valor presente constante, o correspondente valor acumulado atualizado referido ao instante inicial do período obtém-se multiplicando a unidade pelo fator de atualização,  $f$ , dado por:

$$f = \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n i} \quad (13)$$

Tendo sempre em consideração os conceitos anteriormente apresentados, a avaliação da rentabilidade de um investimento ou a comparação de soluções alternativas para o mesmo empreendimento pode ser baseada em certos indicadores económicos. Tendo-se definido o período a adotar para a análise económica ( $n$  anos, por norma condicionados pelo tempo de vida útil das componentes do empreendimento mais relevantes), destacam-se como indicadores económicos o valor atualizado líquido ( $VAL$ ), o índice benefício/custo ( $B/C$ ), a taxa interna de rentabilidade ( $TIR$ ), e o custo médio do  $kWh$  ( $ckWh$ )<sup>23</sup>.

O valor atualizado líquido,  $VAL$ , define-se por<sup>25</sup>:

$$VAL = R - C - I \quad (14)$$

em que  $R$  representa as receitas anuais acumuladas da venda da energia,  $C$  são os encargos anuais acumulados de exploração e manutenção, e  $I$  os encargos dos investimentos, todos atualizados à taxa  $i$  para instante zero ou início do primeiro ano. Um determinado projeto terá uma decisão favorável de investimento caso o  $VAL$  seja positivo. Quando projetos alternativos servem o propósito de forma semelhante, a opção mais vantajosa é aquela que tiver o maior valor atualizado líquido<sup>25</sup>.

O índice benefício/custo,  $B/C$ , é dado por<sup>25</sup>:

$$\frac{B}{C} = \frac{R - C}{I} \quad (15)$$

em que  $R$ ,  $C$  e  $I$  têm o mesmo significado descrito anteriormente. De acordo com este índice, o investimento é favorável caso o  $B/C$  seja superior a um. No caso de a escolha recair sobre projetos semelhantes, deve selecionar-se a opção com o maior índice benefício/custo<sup>25</sup>.

A taxa interna de rentabilidade,  $TIR$ , é a taxa de atualização para a qual o valor atualizado líquido é nulo ou, de forma equivalente, o índice benefício/custo é unitário<sup>25</sup>:

$$VAL(TIR) = 0 \Leftrightarrow \sum_{k=0}^n (R_k - C_k - I_k) \times \frac{1}{(1 + TIR)^k} = 0 \quad (16)$$

em que  $R$ ,  $C$  e  $I$  têm o mesmo significado apresentado anteriormente, e  $n$  (em anos) é o período de vida útil do projeto. Um determinado investimento é justificável caso a  $TIR$  seja superior ao valor adotado para a taxa de atualização, e será tanto mais favorável quanto maior for a sua taxa interna de rentabilidade<sup>25</sup>.

Por fim, o custo médio do  $kWh$  produzido,  $ckWh$ , é dado pelo quociente do somatório de todos os custos acumulado atualizados a dividir por uma produção de eletricidade fictícia obtida acumulando e atualizando as produções anuais, como se de fluxos monetários se tratassem. De acordo com este indicador, o investimento é favorável caso o custo médio do  $kWh$  produzido seja inferior ao valor unitário estimado para a receita com a venda da energia, e será tanto mais favorável quanto menor for  $ckWh$ <sup>25</sup>.

## 2.7. Análise de tendências de séries temporais

Uma série temporal é um conjunto de observações ordenadas no tempo, agrupadas em períodos regulares e relativas a uma determinada variável. A análise de séries temporais tem como principal objetivo a identificação de padrões na amostra de dados da variável retratada. A observação de tendências passadas ou presentes pode permitir a formulação de previsões futuras, orientando assim a tomada de decisões. Essas tendências descrevem, numa perspectiva de longo prazo, o comportamento da variável em estudo. A caracterização das tendências pode ser realizada, entre outros procedimentos, através de ajuste exponencial, usando modelos de regressão, ou recorrendo a médias móveis<sup>26</sup>.

A média móvel aritmética é um dos modelos mais populares na análise de séries temporais. Este parâmetro é calculado a partir de um conjunto de dados sequenciais e caracteriza-se por ser ótimo indicador de tendências<sup>27</sup>. Dada uma amostra de  $m$  elementos  $V = \{v_1, \dots, v_m\}$ , o cálculo da média móvel aritmética,  $MMA$ , resultante de uma determinada sequência,  $i$ , é dado por<sup>28</sup>:

$$MMA_i = \frac{\sum_{j=1}^n v_{i+j-1}}{n} \quad (17)$$

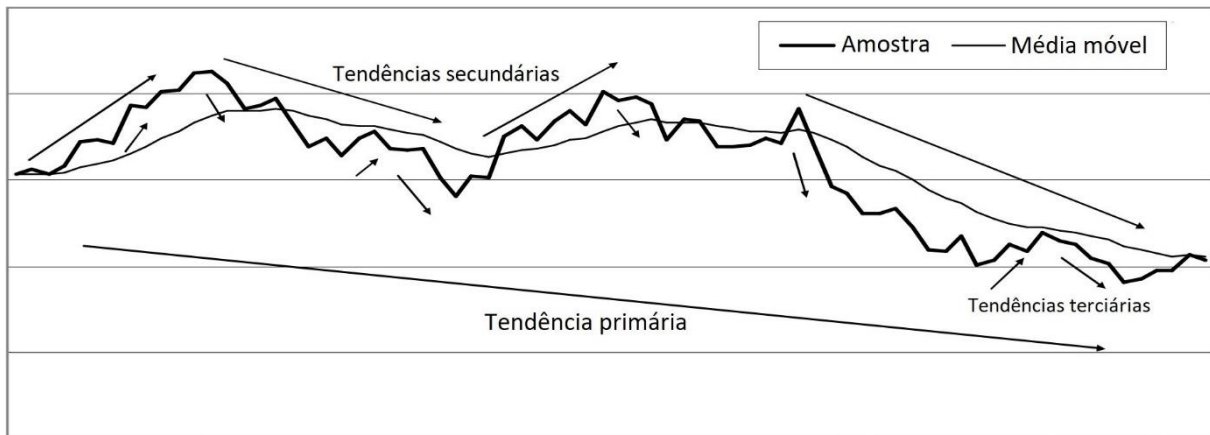
em que  $v$  representa os valores da amostra de dados, e  $n$  representa o número de elementos de cada sequência, com  $i \in \{1, \dots, m - n + 1\}$ . Na *Tabela 1* é ilustrado um exemplo da aplicação da média móvel aritmética à série  $\{13, 6, 10, 12, 9, 5, 11, 14, 3, 13\}$ :

*Tabela 1: Série temporal com aplicação da média móvel aritmética (adaptado de <sup>27</sup>).*

Sequência, $i$	Valores da amostra, $v$										Média móvel aritmética, $MMA_i$
<b>1</b>	13	6	10	12	9	5	11	14	3	13	$MMA_1 = \frac{13 + 6 + 10 + 12 + 9}{5} = 10$
<b>2</b>	13	6	10	12	9	5	11	14	3	13	$MMA_2 = \frac{6 + 10 + 12 + 9 + 5}{5} = 8.4$
<b>3</b>	13	6	10	12	9	5	11	14	3	13	$MMA_3 = \frac{10 + 12 + 9 + 5 + 11}{5} = 9.4$
<b>4</b>	13	6	10	12	9	5	11	14	3	13	$MMA_4 = \frac{12 + 9 + 5 + 11 + 14}{5} = 10.2$
<b>5</b>	13	6	10	12	9	5	11	14	3	13	$MMA_5 = \frac{9 + 5 + 11 + 14 + 3}{5} = 8.4$
<b>6</b>	13	6	10	12	9	5	11	14	3	13	$MMA_6 = \frac{5 + 11 + 14 + 3 + 13}{5} = 9.2$

É possível observar que, no cálculo da média de cada sequência de valores da amostra, um novo valor é inserido e outro mais antigo é excluído. Nesse sentido, a média móvel tem um caráter dinâmico, uma vez que é recalculada sempre que novos dados são disponíveis<sup>27</sup>.

As médias móveis têm um importante papel na suavização da evolução dos dados da amostra, eliminando eventuais valores atípicos e facilitando a sua interpretação<sup>29</sup>. A *Figura 5* evidencia essa sua aplicação.



*Figura 5: Tendência de uma série temporal através da média móvel (adaptado de <sup>29</sup>).*

A figura anterior ilustra os diferentes tipos de tendências. As tendências terciárias são as várias oscilações que se observam em curtos períodos no desenvolvimento da curva dos dados da amostra, mostrando a sua enorme volatilidade. As tendências secundárias representam os períodos de reação, observáveis no progresso do gráfico das médias móveis. Por fim, a tendência primária representa a propensão geral da evolução da amostra sendo que, no exemplo apresentado acima, é definida pelo seu comportamento decrescente ao longo do intervalo estudado<sup>29</sup>.

## 3. Metodologia

### 3.1. Contexto e local de investigação

A investigação levada a cabo visa analisar tecnológica e economicamente a hibridização de duas fontes de energia em centros eletroprodutores. Pretende-se, assim, estudar a implementação de uma nova fonte de energia complementar à existente (energia hídrica) e, numa avaliação favorável, identificar as condições ótimas para tal implementação. A energia complementar pela qual se optou foi a solar fotovoltaica. Os dois locais de estudo propostos são os aproveitamentos hidroelétricos (AHE) de Covas do Barroso e Pinhel, propriedade da empresa *Lusiterg – Projetos Energéticos, Lda.*, uma das empresas do grupo *Hidroerg - Projetos Energéticos, Lda.* O AHE de Covas do Barroso situa-se nos rios Covas e Couto, bacia hidrográfica do rio Tâmega, no concelho de Boticas, distrito de Vila Real<sup>30</sup>. O AHE de Pinhel situa-se nas ribeiras das Cabras e da Pêga, bacia hidrográfica do rio Côa, no concelho de Pinhel, distrito da Guarda<sup>31</sup>.

### 3.2. Estratégia metodológica

Para cada caso de estudo a estratégia adotada para conduzir a presente investigação desenvolveu-se em quatro etapas principais: (1) identificação da fonte de energia renovável complementar a associar à atual energia hídrica; (2) em face da inexistência de registos suscetíveis de serem transformados numa série longa de caudais turbinados no caso de estudo, estimação de caudais médios diários afluentes ao mesmo tendo em vista caracterizar as condições de produção hidroelétrica; (3) a simulação da produção da energia elétrica proveniente da combinação das duas fontes renováveis limitada pela potência máxima de ligação à rede que foi concessionada ao caso de estudo; (4) e a análise económica visando determinar a viabilidade do projeto de hibridização com identificação simultânea do valor ótimo da potência a instalar na tecnologia complementar de hibridização.

#### 3.2.1. Identificação da energia renovável complementar à existente

Como mencionado em **3.1.**, a presente investigação tem por objetivo analisar a viabilidade de produção de energia elétrica a partir de uma nova fonte renovável sempre que a produção hidroelétrica ocorra a uma potência inferior à de ligação. Com efeito, esta última produção é irregular e, acima de tudo, profundamente sazonal com valores muito reduzidos ou mesmo nulos durante longos períodos do semestre seco do ano hidrológico, com ênfase para a estiagem, em perfeita complementaridade da produção fotovoltaica<sup>32</sup>.

É esta também a circunstância dos aproveitamentos que constituem os casos de estudo, conforme decorre da observação das *Figuras 6 e 7* relativas às produções mensais médias e às correspondentes potências mensais médias para utilização à plena carga naqueles aproveitamentos decorrentes dos respetivos dados de exploração nos períodos especificados nas figuras. Conforme se detalhará em **3.3.1.**, anota-se que a potência instalada no AHE de Covas do Barroso é de 6.40 MW e no de Pinhel de 6.76 MW (*Tabelas 3 e 4* respetivamente).

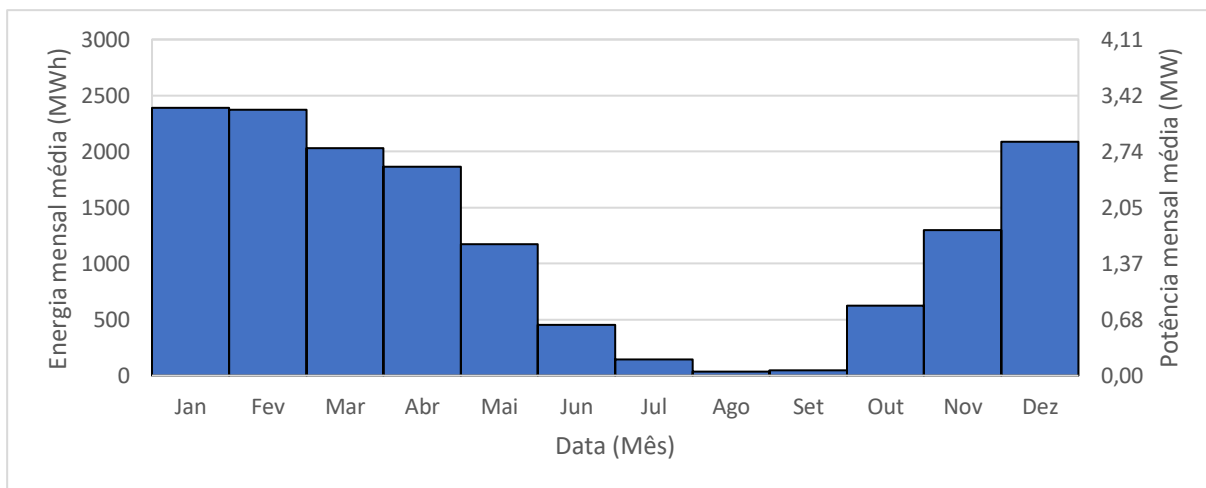


Figura 6: Energias mensais médias e correspondentes potências para utilização à plena carga ( $P = 6.40 \text{ MW}$ ), referentes à exploração do AHE de Covas do Barroso entre outubro de 2005 e setembro de 2021.

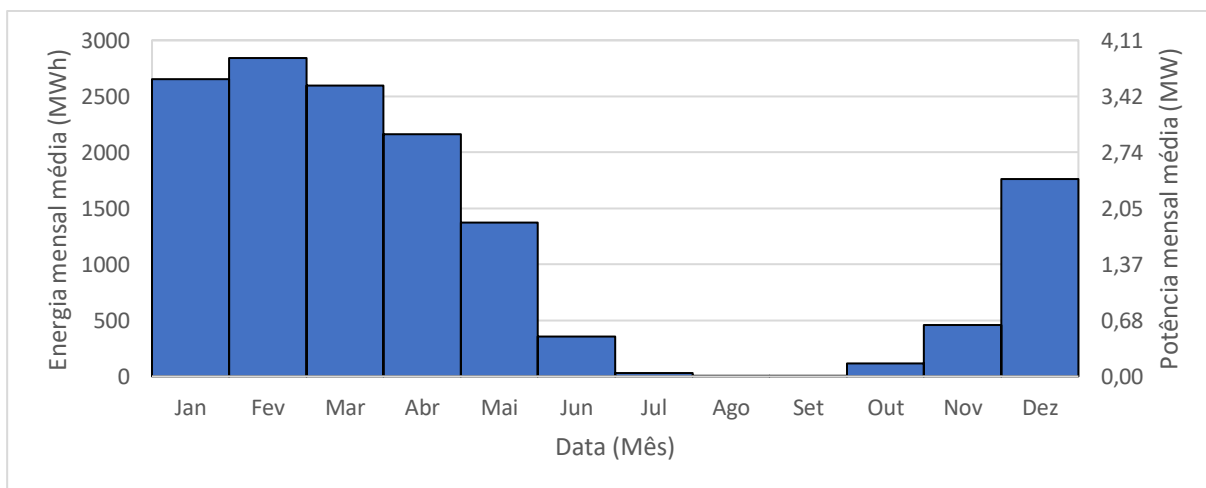


Figura 7: Energias mensais médias e correspondentes potências para utilização à plena carga ( $P = 6.76 \text{ MW}$ ), referentes à exploração do AHE de Pinhel entre outubro de 2006 e setembro de 2021.

As figuras anteriores evidenciam a oportunidade para a produção fotovoltaica em complemento da produção hidroelétrica. Para cumprir o objetivo em vista da investigação admitiu-se que, tão próximo quanto possível da central hidroelétrica de cada aproveitamento haveria disponibilidade de terrenos compatíveis com a instalação de um parque solar fotovoltaico (PV). A necessidade de proximidade à central hidroelétrica deriva do facto de o parque solar ter de se ligar à subestação atualmente existente de modo a utilizar a interligação à rede elétrica nacional do AHE. Além disso, o equipamento de comando da sua exploração terá de ficar instalado no edifício da central hidroelétrica. Com base no anterior pressuposto, o procedimento de análise aplicado recorre à simulação da exploração conjunta de cada aproveitamento hidroelétrico e do parque solar.

### 3.2.2. Estimação de caudais médios diários

#### 3.2.2.1. Necessidade de estimar caudais médios diários

Os aproveitamentos hidroelétricos de Covas do Barroso e Pinhel iniciaram a sua exploração em dezembro de 1996 e abril de 2004, respetivamente, sendo que se possuem os correspondentes registos (em intervalos de tempo de 15 minutos) provenientes do sistema de telecontagem e com alguma continuidade temporal apenas a partir de 2005 para Covas do Barroso, e um ano mais tarde para Pinhel. Resultam, assim, séries históricas de dados de exploração demasiado curtas para sustentar o estudo de hibridização em vista. Por tal motivo, a par com a utilização daqueles registos e de modo a aumentar o período com produções hidroelétricas suscetíveis de serem complementadas por produções fotovoltaicas e desse modo, mais consistentemente concluir sobre a viabilidade da hibridização, procedeu-se à simulação da exploração das centrais dos casos de estudo tendo por base séries de caudais médios diários afluentes aos respetivos açudes obtidas por transposição daqueles caudais a partir de estações hidrométricas, de acordo com o modelo de regionalização objeto de **2.4**.

#### 3.2.2.2. Cálculo de caudais médios diários afluentes aos aproveitamentos hidroelétricos

Os registos reais da exploração nos aproveitamentos hidroelétricos de Covas do Barroso (entre 2005 e 2021) e de Pinhel (entre 2006 e 2021) abrangem, como mencionado, períodos demasiado curtos para sustentar a análise da tese sobre a viabilidade da hibridização daquelas duas fontes de energia elétrica. Para o efeito e, tendo por base os dados reais existentes, procurou reproduzir-se o funcionamento dos aproveitamentos em intervalos de tempo mais extensos tendo por base a simulação da sua exploração, para o que lhe foram afetas séries longas de caudais médios diários afluentes às respetivas tomadas de água. Nesse sentido, e como abordado em **2.4**., começou-se por coletar os registos dos caudais médios diários numa estação hidrométrica tão próxima quanto possível de cada aproveitamento hidroelétrico, muito pertinentemente, de modo a garantir a similitude das alturas do escoamento anual médio nas bacias hidrográficas de cada aproveitamento e da estação hidrométrica que lhe foi afeta. Tendo em consideração o volume anual médio de água deduzido dos consumos a montante de cada açude fornecidos pela empresa exploradora<sup>30,31</sup> e o volume anual médio da estação hidrométrica extraídos do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos<sup>33,34</sup>, foi possível estabelecer o fator,  $f$ , a aplicar à transposição de caudais dada pela equação (18), em que os volumes em jogo vêm expressos nas mesmas unidades<sup>18</sup> – ver equações (4) a (8):

$$f = \frac{\text{Volume anual médio do açude}}{\text{Volume anual médio da estação hidrométrica}} \quad (18)$$

Dessa maneira, e incorporando os registos dos caudais médios diários de cada estação hidrométrica extraídos da plataforma do *SNIRH*, foi possível alcançar uma estimativa da série de caudais médios diários afluentes ( $Q_a$ ) às tomadas de água de cada aproveitamento hidroelétrico, de acordo com a equação (19) em que, os caudais médios diários vêm ambos expressos em  $m^3/s$  – ver equações (4) a (8):

$$Q_a = \text{Caudal médio diário da EH} \times f \quad (19)$$

### 3.2.2.3. Seleção das estações hidrométricas

Neste processo de cálculo dos caudais médios diários afluentes a cada aproveitamento hidroelétrico, houve que identificar uma estação inserida tão próxima quanto possível da bacia hidrográfica dominada pelo aproveitamento de modo a assegurar similitude de características geomorfológicas e, muito pertinentemente, das respetivas alturas do escoamento anual médio<sup>19</sup>. Para o AHE de Covas do Barroso a estação selecionada foi a de Vale Giestoso (03K/01H), localizada no rio Beça, afluente do rio Tâmega, no concelho de Boticas, com registos contínuos de caudais médios diários desde outubro de 1957 a setembro de 2017, ou seja, durante 60 anos hidrológicos<sup>33</sup>. Para o AHE de Pinhel a estação selecionada foi a de Cidadelhe (08O/02H), localizada no rio Côa, afluente do rio Douro, no concelho de Pinhel, com registos contínuos de caudais médios diários durante 56 anos hidrológicos, desde outubro de 1955 a setembro de 2011<sup>34</sup>.

## 3.2.3. Simulação da produção energética

### 3.2.3.1. Cálculo de energia hidroelétrica

Em cada açude, devido à legislação que garante o compromisso de proteção ambiental e dos usos preexistentes, e conforme estipulado nos alvarás de licença dos aproveitamentos hidroelétricos, ao caudal médio diário afluente em cada dia retirou-se o caudal ecológico ( $Q_{eco}$ ) e o caudal de rega ( $Q_{rega}$ ), este último, se aplicável, obtendo-se o valor do caudal médio diário efluente ( $Q_e$ ) suscetível de ser utilizado na produção de energia hidroelétrica, ou seja, estando todos os caudais em presença expressos em  $m^3/s$ :

$$Q_e = \max(Q_a - Q_{eco} - Q_{rega}; 0) \quad (20)$$

Em cada aproveitamento existe um caudal máximo turbinável, compatível com a potência instalada, e um limite mínimo abaixo do qual as turbinas não conseguem trabalhar. Sempre que o caudal efluente é superior ao caudal máximo turbinável, este excedente é armazenado no circuito hidráulico (canal, no caso de AHE de Covas do Barroso, e câmara de carga, no AHE de Pinhel), contribuindo para o volume de eclusagem, até ao limite da sua capacidade. Caso tal limite seja atingido, o excedente é descarregado no rio sobre a soleira do descarregador do açude.



A fim de minorar o número de arranques das turbinas, o algoritmo de simulação da exploração diária de cada aproveitamento foi concebido para que fossem minimizadas as interrupções do funcionamento das centrais, que ocorrem quando o volume de eclusagem é nulo e o caudal afluente à tomada de água é inferior ao caudal mínimo de arranque. Assim, quando o volume armazenado ( $V_{arm}$ ) está na sua capacidade máxima e a turbina está a trabalhar, se o caudal efluente é maior ou igual ao caudal mínimo de arranque, a turbina utiliza todo esse volume de água até ao limite superior de caudal máximo turbinável e o volume de eclusagem mantém-se no máximo. Por outro lado, quando o volume armazenado está na sua capacidade máxima e a turbina está a trabalhar, mas o caudal efluente é menor que o caudal mínimo de arranque, a turbina utiliza água armazenada no circuito hidráulico para garantir esse caudal mínimo e fica a trabalhar assim até o volume atingir um máximo novamente ou esvaziar completamente.

Num período de eclusagem, quando o volume armazenado está abaixo da capacidade máxima e a turbina está a funcionar com o caudal mínimo, se o caudal efluente é maior do que o caudal mínimo de arranque, o volume de água excedente é utilizado para aumentar o volume armazenado. Se por outro lado, quando esse volume está abaixo da capacidade máxima e a turbina está a funcionar com o caudal mínimo, mas o caudal efluente é menor do que caudal mínimo de arranque, a turbina utiliza água armazenada para garantir esse caudal mínimo e continua a trabalhar nesse mínimo até o volume atingir um máximo novamente ou esvaziar completamente. Se o caudal efluente for igual ao caudal mínimo, a situação não se altera e o volume de armazenamento permanece constante.

Por fim, se o volume de eclusagem estiver vazio e as turbinas paradas, o armazenamento de água passa a ser prioritário e todo o caudal efluente, obviamente já deduzido dos caudais ecológico e reservado, é alocado a esse objetivo, não havendo qualquer produção de energia hídrica até ao momento em que aquele volume esteja preenchido.

O modelo de simulação de exploração diária das centrais hidroelétricas implementado encontra-se sumarizado na *Tabela 2*, tendo o significado das variáveis intervenientes sido explicitado ao longo do texto. Todos os caudais em presença são expressos em  $m^3/s$  e os volumes, em  $m^3$ .

Tabela 2: Modelo de simulação da exploração diária das centrais dos aproveitamentos hidroelétricos de Covas do Barroso e Pinhel<sup>30,31</sup>.

Volume de armazenamento	Estado	$Q_e = 0$	$0 < Q_e < Q_{min}$	$Q_e = Q_{min}$	$Q_{min} < Q_e < Q_{max}$	$Q_e \geq Q_{max}$
$V_{arm} = V_{ecl}$ (câmara cheia)	Turbinar	$Q_t = Q_{min}$ $V_{arm}$ diminui		$Q_t = Q_{min}$ $V_{arm}$ igual	$Q_t = Q_e$ $V_{arm}$ igual	$Q_t = Q_{max}$ $V_{arm}$ igual
$V_{arm} < V_{ecl}$ (precedido de câmara cheia)	Turbinar	$Q_t = Q_{min}$ $V_{arm}$ diminui		$Q_t = Q_{min}$ $V_{arm}$ igual	$Q_t = Q_{min}$ $V_{arm}$ aumenta	
$V_{arm} < V_{ecl}$ (precedido de câmara vazia)	Parado	$Q_t = 0$ $V_{arm}$ igual	$Q_t = 0$ $V_{arm}$ aumenta			

Tendo por base as regras de operação anteriormente explicitadas, o procedimento de simulação de exploração diária propriamente dito utilizou linguagem de programação *Visual Basic* incorporada no programa do *Microsoft Office Excel*, para o que se adotou um dado intervalo de tempo ou passo de cálculo,  $\Delta t$  (s). Sendo tal intervalo inferior ao dia, uma vez que para os caudais afluentes à tomada de água só se dispõem de valores médios diários, considerou-se constante o caudal em cada dia. Em resultado da simulação em cada  $\Delta t$  obteve-se, assim, o caudal turbinado, bem como o correspondente volume de água turbinado,  $V_t$  ( $m^3/s$ ), para o que bastou multiplicar aquele caudal pela duração do passo de cálculo, tal como é apresentado na equação (21).

$$V_t = Q_t \times \Delta t \quad (21)$$

Finalmente, e como mencionado em 2.1., em cada período  $\Delta t$  a energia hidroelétrica produzida,  $E_{hid}$  (kWh), é dada pela equação (2), anteriormente apresentada e seguidamente repetida, para facilidade de consulta, em que  $\gamma$  ( $kN/m^3$ ) se refere ao peso volúmico da água,  $H_u$  (m) se refere à queda útil equivalente e  $\eta$ , ao rendimento médio global da central<sup>5</sup>.

$$E_{hid} = \frac{V_t \times H_u}{3600 \gamma \eta} \quad (2)$$

### 3.2.3.2. Cálculo da energia fotovoltaica

A produção de energia fotovoltaica depende, em primeira instância, da potência de pico do sistema instalado no PV. A potência de pico de um módulo corresponde à energia elétrica máxima que pode ser gerada sob condições ideais. Nesse sentido, torna-se imprescindível obter estimativas preliminares rigorosas da produção de energia fotovoltaica no contexto geográfico do local em análise. Essas estimativas podem ser apresentadas, entre outras alternativas, através da produção fotovoltaica unitária adimensional relativa a uma localização e um período de tempo. Essa produção unitária, expressa em  $MWh/MWp$ , refere-se à energia elétrica produzida por um equipamento fotovoltaico por cada megawatt-pico instalado<sup>35</sup>. Assim, num PV munido de uma potência máxima correspondente a  $n$   $MWp$ , a energia proveniente desse equipamento solar,  $E_{sol}$  ( $MWh$ ), produzida num certo intervalo  $\Delta t$  é obtida por:

$$E_{sol} = n \times \text{Produção unitária} \quad (22)$$

Neste estudo, uma vez que, nos termos da legislação aplicável, a produção de energia hidroelétrica tem prioridade, a produção de energia fotovoltaica apenas poderá ocorrer nos períodos em que o equipamento hidroelétrico não estiver a funcionar à plena carga, ou seja, nos períodos em que a potência hidroelétrica é inferior à potência instalada de 6.40 MW, no AHE de Covas do Barroso, e a 6.76 MW, no de Pinhel (potências concessionadas e permitidas na ligação à rede). A potência disponível para a produção fotovoltaica,  $P_d$  ( $MW$ ), é, assim, dada pela diferença entre a potência instalada no centro eletroprodutor em questão e aquela que, de facto, está a ser fornecida pela respetiva turbina,  $P_{hid}$ , ambas expressas em  $MW$ :

$$P_d = \text{Potência instalada} - P_{hid} \quad (23)$$

Uma vez que se opte por instalar uma determinada capacidade no PV, a potência a que efetivamente ocorrerá a produção de energia fotovoltaica  $P_{fot}$  ( $MW$ ) é dada pelo valor mínimo entre a potência disponível,  $P_d$ , e a potência que é fornecida pelo parque solar,  $P_{sol}$ , ambas expressas em  $MW$ .

$$P_{fot} = \min(P_d, P_{sol}) \quad (24)$$

Finalmente, com base nos pressupostos anteriores, o procedimento de análise aplicado recorrerá à simulação da exploração conjunta de cada AHE e do PV para o que se admitirão diferentes potências fotovoltaicas instaladas, entre 1 e 7  $MWp$ , de modo a otimizar a produção conjunta.

### 3.2.4. Análise económica

#### 3.2.4.1. Seleção do indicador económico

De entre vários indicadores económicos, e devido à sua facilidade de interpretação e visualização, definiu-se a taxa interna de rentabilidade, *TIR*, como a medida de avaliação da viabilidade económica a utilizar neste estudo. Esta simplicidade deve-se ao facto da *TIR* ser um indicador relativo que mede a rentabilidade do projeto em termos de taxa, permitindo assim uma hierarquização de opções<sup>36</sup>. Tal como mencionado em **2.6.**, o projeto é viável se a taxa interna de rentabilidade for superior à taxa de atualização, e será tanto mais favorável quanto maior for o seu valor.

#### 3.2.4.2. Modelo de análise aplicado

A análise de viabilidade económica do projeto, realizada através da taxa interna de rentabilidade, *TIR*, e relativa a um período de análise de  $d$  anos, considerado igual à vida útil da instalação do PV, terá uma abordagem análoga à descrita em **2.7.**, utilizada para caracterizar tendências de séries temporais. Nesse sentido, tendo por base os resultados de simulação da exploração conjunta das energias hidroelétrica e fotovoltaica durante o período de  $m$  anos, serão calculados os vários valores da *TIR*, resultantes da subdivisão desse período em ciclos menores, com a duração  $d$  anos.

A subdivisão do período de  $m$  anos de simulação em períodos consecutivos de  $d$  anos diferindo apenas nos anos de início e de fim não foi unicamente condicionada pelo objetivo de identificar eventuais tendências nos valores da *TIR*, mas pretendeu também resolver a questão sobre que período deveria incidir a análise económica de modo a que os seus resultados pudessem sustentar uma decisão sobre investir ou não na hibridização. À partida colocaram-se duas opções, nomeadamente, a considerar em cada caso de estudo:

- um período único coincidente com o período objeto de simulação com obtenção de uma única *TIR*;
- sucessivos subperíodos com dimensão  $d$  suficiente longa, desejavelmente da ordem de grandeza do período de vida útil dos painéis fotovoltaicos, que pudessem ser considerados representativos da variabilidade hidrológica e que, simultaneamente, conferissem consistência aos resultados da análise económica por permitirem averiguar se eventuais alterações do regime hidrológico ao longo dos tempos influenciavam os valores da *TIR*.

Tendo em conta os efeitos esperados das alterações climáticas, em termos de redução das disponibilidades hídricas superficiais em Portugal Continental, optou-se por esta última hipótese.

Assim, as taxas internas de rentabilidade que foram atribuídas ao conjunto  $A = \{a_1, \dots, a_m\}$  de  $m$  anos,  $TIR_i$  são as que resultam da aplicação da análise económica tendo por base o período de  $d$  anos entre e  $i$  e  $i + d - 1$  ou seja<sup>28</sup>:

$$TIR_i = TIR(a_i, \dots, a_{i+d-1}) \quad (25)$$

em que  $a_i$  representa o ano  $i$  de início de um subperíodo considerado na análise de rentabilidade e  $d$  representa a duração desse subperíodo (como antes dito, considerada igual ao período de vida útil do equipamento fotovoltaico), com  $i \in \{1, \dots, m - d + 1\}$ . Mais uma vez é possível observar que, em cada sequência, um novo ano de registos é inserido e outro mais antigo é excluído. Deste modo, obtêm-se  $m - d + 1$  valores da TIR.

### 3.3. Apresentação e descrição dos dados recolhidos

#### 3.3.1. Características dos centros eletroprodutores

##### 3.3.1.1. Aproveitamento hidroelétrico de Covas do Barroso

O AHE de Covas do Barroso é constituído por dois açudes de betão, localizados nos rios Covas e Couto, e onde estão instaladas as tomadas de água para o circuito hidráulico. Este circuito compreende dois canais inseridos a jusante dos açudes e que terminam numa câmara de carga a partir da qual se desenvolve a conduta forçada de alimentação da central hidroelétrica. Em parte do desenvolvimento dos canais, as paredes laterais têm topo superior horizontal proporcionando o volume de eclusagem de cerca de 3110 m<sup>3</sup>. Tal volume destina-se a permitir o armazenamento parcial dos caudais derivados quando os mesmos são inferiores ao caudal mínimo de funcionamento da turbina. Uma vez que o volume de eclusagem esteja preenchido, a turbina inicia o seu funcionamento sob aquele caudal mínimo. A queda bruta é de 132.75 m e a queda útil equivalente, ou seja, a queda que resulta da ponderação das perdas de carga na gama de caudais turbinados e que, como tal, é aplicada ao cálculo da energia produzida, é de 130.1 m. A central hidroelétrica possui duas turbinas Francis de eixo horizontal, cada uma dimensionada para o caudal máximo turbinável e mínimo de arranque de 2.85 m<sup>3</sup>/s e 1.425 m<sup>3</sup>/s, respetivamente. O volume anual médio afluente à tomada de água suscetível de ser utilizado na produção de energia, ou seja, já deduzido dos consumos a montante é de 67.81 hm<sup>3</sup> para o açude do Couto e de 23.28 hm<sup>3</sup> para o de Covas. Por imposições legais, a fim de garantir a proteção e conservação ambiental da fauna e da flora, designadamente ao longo dos corredores fluviais, mas também com a prática agrícola preexistente, o açude do Couto tem a obrigatoriedade de garantir um caudal ecológico de 70 l/s, e o açude de Covas um caudal ecológico de 30 l/s e um caudal de rega de 70 l/s. Havendo disponibilidade hídrica, o lançamento de tais caudais para jusante dos açudes têm prioridade em relação à produção de energia hidroelétrica. A potência instalada no aproveitamento de Covas do Barroso é de cerca de 6.40 MW, conducente à energia anual média de 15.2 GWh (rendimento médio global da central hidroelétrica de 85%)<sup>30</sup>. Toda a informação relevante está resumida na *Tabela 3*.

Tabela 3: Características gerais do AHE de Covas do Barroso<sup>30</sup>.

Características gerais	Covas do Barroso		
	Couto	Covas	Total
Área (Km <sup>2</sup> )	58.5	21.3	79.8
Caudal ecológico (l/s)	70	30	100
Caudal de rega (l/s)	0	70	70
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)	4.2	1.5	5.7
Volume anual médio deduzido dos consumos a montante (hm <sup>3</sup> )	67.81	23.38	91.19
Início de exploração	dezembro/1996	abril/2004	
Volume de eclusagem (m <sup>3</sup> )	dezembro/1996	dezembro/1996	3110
Queda bruta (m)			132.75
Queda útil de dimensionamento (m)			126.1
Queda útil equivalente (m)			130.1
Potência (kW)			6400
Caudal mínimo de arranque por grupo (m <sup>3</sup> /s)			1.425
Energia anual média (GWh)			15.2
Rendimento médio global da central hidroelétrica (%)			85.0
Estação hidrométrica utilizada	Vale Giestoso		
Período com registos de caudais médios diários	outubro 1957 - setembro 2017		

### 3.3.1.2. Aproveitamento hidroelétrico de Pinhel

O AHE de Pinhel é também constituído por dois açudes de betão, onde estão instaladas as tomadas de água para o circuito hidráulico, localizadas nas ribeiras das Cabras e da Pêga. A partir do açude da ribeira da Pêga desenvolve-se um canal de secção trapezoidal até à albufeira da ribeira das Cabras. A jusante da tomada de água do açude das Cabras inicia-se um outro canal de secção retangular que termina numa câmara de carga. Essa câmara é constituída por um dique que origina um reservatório de depressão topográfica natural, proporcionando uma capacidade útil de aproximadamente 40000 m<sup>3</sup>. A jusante da câmara de carga localiza-se um túnel no final do qual está embebida a câmara de válvulas. Por fim, a descarga do túnel e da câmara de carga é efetivada através da conduta forçada que termina na central hidroelétrica. A queda bruta e a queda útil equivalente são, respetivamente, de 159.5 m e de 157.0 m. A central hidroelétrica possui uma turbina Francis de eixo horizontal e roda simples dimensionada para os caudais máximo turbinável e mínimo de arranque de 5 m<sup>3</sup>/s e 2.5 m<sup>3</sup>/s, respetivamente. O volume anual médio já deduzido dos consumos a montante é de 19.24 hm<sup>3</sup> para o açude da ribeira da Pêga e de 51.63 hm<sup>3</sup> para o açude da ribeira das Cabras. Os açudes da Pêga e das Cabras têm a obrigatoriedade de garantir um caudal ecológico de 50 l/s e 102 l/s, respetivamente. A potência instalada no aproveitamento hidroelétrico de Pinhel é de cerca de 6.67 MW, conduzindo à energia anual média de 16.5 GWh (rendimento médio global da central hidroelétrica de 88.4%)<sup>31</sup>. Toda a informação relevante está resumida na Tabela 4.

Tabela 4: Características gerais do AHE de Pinhel<sup>31</sup>.

Características gerais	Pinhel		
	Pêga	Cabras	Total
Área (Km <sup>2</sup> )	274.2	136.1	410.3
Caudal ecológico (l/s)	50	102	152
Caudal de rega (l/s)	0	0	0
Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)			5.0
Volume anual médio deduzido dos consumos a montante (hm <sup>3</sup> )	19.24	51.63	70.87
Início de exploração	abril/2004		
Volume de eclusagem (m <sup>3</sup> )	dezembro/1996	dezembro/1996	40000
Queda bruta (m)			159.5
Queda útil de dimensionamento (m)			157.0
Queda útil equivalente (m)			156.0
Potência (kW)			6760
Caudal mínimo de arranque por grupo (m <sup>3</sup> /s)			2.5
Energia anual média (GWh)			16.5
Rendimento médio global da central hidroelétrica (%)			88.4
Estação hidrométrica utilizada	Cidadelhe		
Período com registos de caudais médios diários	outubro 1955 - setembro 2011		

### 3.3.2. Caudais médios diários registados nas estações hidrométricas

Como mencionado em **3.2.2.3.**, com vista à transposição e consequente caracterização dos caudais médios diários afluentes aos AHE de Covas do Barroso e Pinhel, selecionaram-se as estações hidrométricas de Vale Giestoso (03K/01H) e de Cidadelhe (08O/02H), com registos contínuos de caudais médios diários em 60 (entre os anos hidrológicos de 1957/1958 e 2016/2017, inclusive) e em 56 anos (entre os anos hidrológicos de 1955/1956 a 2010/2011), respetivamente. Estes registos podem ser consultados através de consulta da plataforma do Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos<sup>33,34</sup>, ou diretamente através do seguinte atalho eletrónico:

[https://snirh.apambiente.pt/snirh/dadosbase/site/janela\\_verdados.php?sites=1627745200,1627759494&pars=1850&tmin=01/10/1950&tmax=30/09/2017](https://snirh.apambiente.pt/snirh/dadosbase/site/janela_verdados.php?sites=1627745200,1627759494&pars=1850&tmin=01/10/1950&tmax=30/09/2017).

### 3.3.3. Estimativa preliminar de produção de energia fotovoltaica

A avaliação das características geográficas e a determinação rigorosa da disponibilidade solar nos locais em estudo é uma importante etapa no desenvolvimento de qualquer projeto de hibridização com energia solar fotovoltaica como tecnologia complementar. Para o efeito e para cada caso de estudo, a *Lusiterg – Projetos Energéticos, Lda.* disponibilizou a informação que havia adquirido à *Megajoule*, relativa a uma série de 8760 produções horárias fotovoltaicas em ano médio, expressas *MWh/MWp*, numa localização tão próxima quanto possível da do caso de estudo<sup>37,38</sup>. Tal informação está representada nas *Figura 8 e 9*.

Uma vez que se opte por uma dada potência de pico de origem fotovoltaica a instalar a correspondente produção de energia obtém-se multiplicando os valores objeto das anteriores figuras por aquela potência. Anota-se, desde já, que foram considerados valores para a potência fotovoltaica a instalar variáveis entre 1 e 7 MWp, com incremento de 1 MWp, num total de sete alternativas.

Para efeitos de análise económica baseada em subperíodos consecutivos, cada com a duração  $d$ , as anteriores séries foram consideradas constantes, ou seja, adotadas ano a ano.

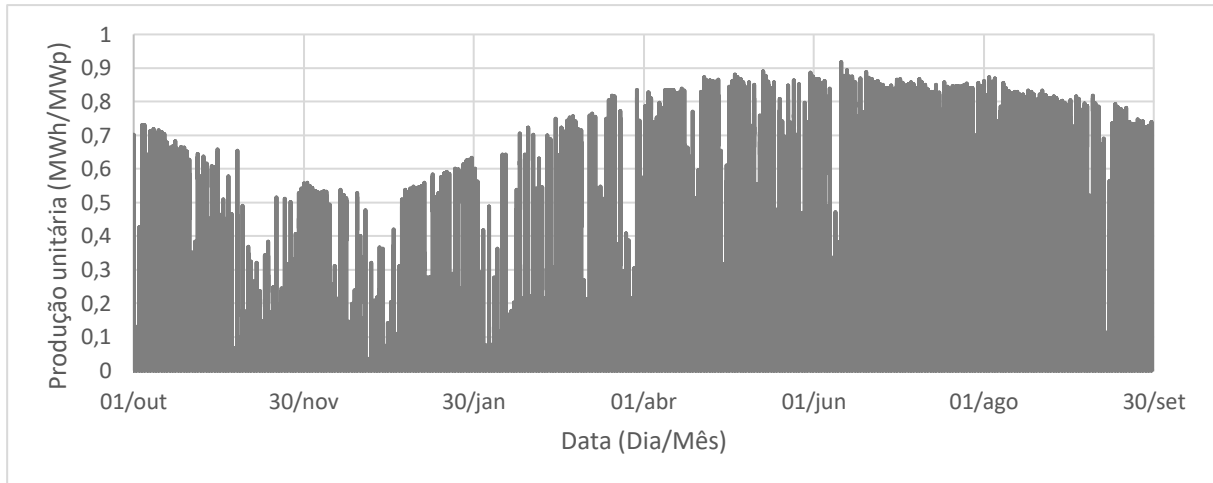


Figura 8: Série solar adimensional em Covas do Barroso num ano padrão<sup>37</sup>.

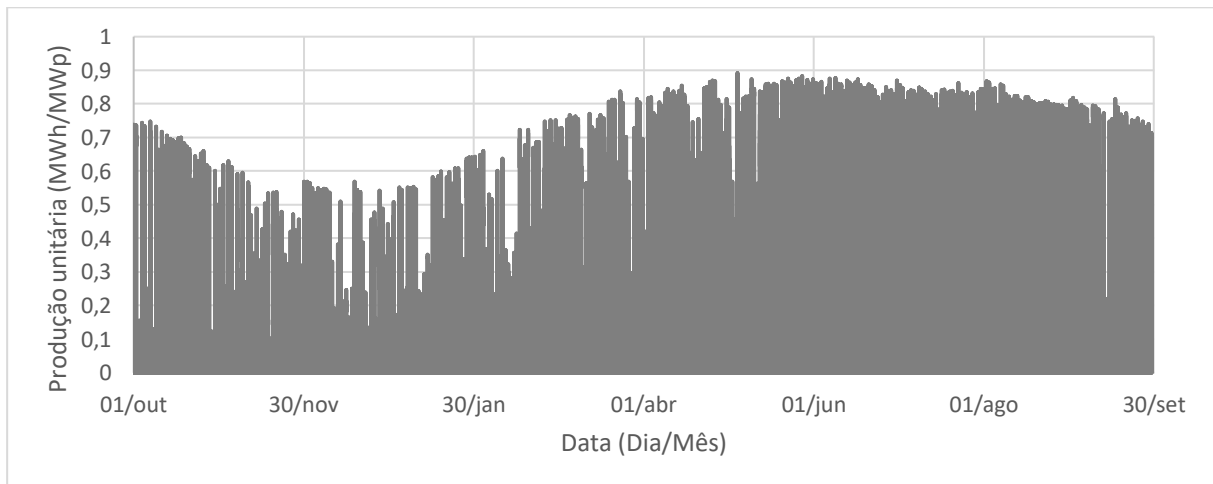


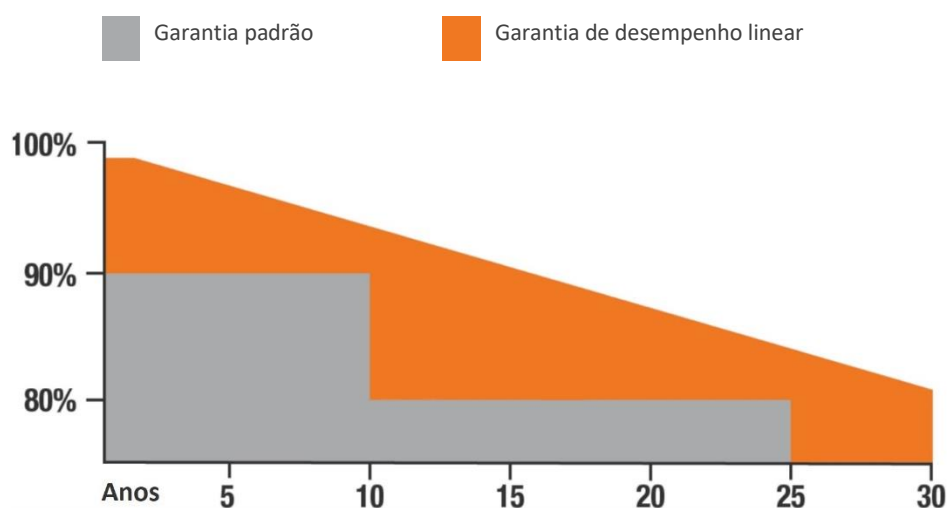
Figura 9: Série solar adimensional em Pinhel num ano padrão<sup>38</sup>.



Importa anotar que as produções unitárias objeto das anteriores figuras correspondem a valores teóricos brutos, ou seja, ainda não descontados das perdas relativas à degradação dos módulos fotovoltaicos, inicial e anual, conforme se especifica no item que se segue. A produção máxima horária na média dos anos é aproximadamente de 0.9 MWh por cada MWp solar instalado ocorrendo no verão. Por outro lado, as menores produções respeitam aos meses entre novembro e janeiro.

### 3.3.4. Características do equipamento fotovoltaico

O equipamento fotovoltaico considerado para este estudo é o modelo *144 Half-Cell Monofacial Module 530-550W* comercializado pela empresa *Suntech Power Holdings Co., Ltd.* Este painel tem uma vida útil de 30 anos, uma degradação inicial de 1.25%, e uma degradação máxima anual da potência nominal de 0.55%, atingindo o mais baixo desempenho de cerca de 80% no trigésimo ano após início de funcionamento<sup>39</sup>. Em conformidade com a vida útil esperada para os painéis fotovoltaicos considerou-se que cada subperíodo consecutivo da análise económica teria a duração,  $d$ , de 30 anos. Na *Figura 10* está ilustrada a evolução da garantia de desempenho deste tipo de módulo fotovoltaico em função do seu tempo de vida.



*Figura 10: Garantia de desempenho energético do painel fotovoltaico (adaptado de <sup>39</sup>).*

### 3.3.5. Parâmetros económicos

Posteriormente à análise tecnológica e à verificação da compatibilidade das duas fontes de energia renovável, é necessário averiguar a viabilidade económica do projeto e, num eventual parecer positivo, determinar a potência ótima a instalar. Para tanto é necessário dispor de informação relativa aos custos de investimento e de operação e manutenção, uns e outros, em valores de mercado relativos ao início do corrente ano, bem como a alguns dos constrangimentos associados à implementação de parques solares fotovoltaicos em associação com os casos de estudo considerados. Tal informação foi também facultada pela *Lusiterg – Projetos Energéticos, Lda.*, encontrando-se resumida na *Tabela 5*.

Importa esclarecer que se considerou que os custos constantes da tabela se aplicariam aos fluxos monetários inerentes a cada um dos subperíodos consecutivos com duração  $d = 30$  anos, como se tais subperíodos tivessem sempre início no presente ano. Não obstante a tal procedimento, para uma mesma potência fotovoltaica a instalar os fluxos monetários entre subperíodos consecutivos de 30 anos vão diferir, fundamentalmente por estarem em causa produções de energia de origem fotovoltaica distintas decorrentes das características hidrológicas distintas das séries e do facto de alguns dos custos estarem indexados a essas produções.

Tabela 5: Características e custos dos equipamentos necessários para a instalação do parque solar nos AHE de Covas do Barroso e Pinhel.

Características e custos gerais	AHE de Covas do Barroso	AHE de Pinhel
Degradação inicial da produção dos painéis (%)	1.25	
Degradação anual linear da produção após o 1º ano (%)	0.55	
Área ocupada pelo parque solar ( $ha/MWp$ )	2.5	
Custo unitário do equipamento ( $€/kWp$ )	650 ou 715	
Custos referentes aos estudos, incluindo do recurso, reconhecimento geotécnico, levantamento topográfico e licenciamento camarário (% do custo total do equipamento)	1.5	
Custo anual de fiscalização e coordenação da construção (% do custo total do equipamento)	0.75	
Comprimento de linha elétrica aérea (fibra ótica) ( $m$ )	1000	0
Comprimento de linha elétrica em vala (fibra ótica) ( $m$ )	0	1305
Comprimento de linha elétrica submersa (fibra ótica) ( $m$ )	0	1600
Custo de linha elétrica aérea ( $€/m$ )	50	
Custo de linha elétrica em vala ( $€/m$ )	70	
Custo de linha elétrica submersa ( $€/m$ )	90	
Custo de adaptação do monobloco da central (€)	100000	30000
Custo de substituição de equipamento/inversores (% do custo total do equipamento)	8.0	
Custos anuais de operação e manutenção nos anos 1 a 10 ( $€/MWp/ano$ )	7000	
Custos anuais de operação e manutenção nos anos 11 a 25 ( $€/MWp/ano$ )	7700	
Custos anuais de operação e manutenção nos anos 26 a 30 ( $€/MWp/ano$ )	8470	
Custo anual de seguros ( $€/MWp$ )	1200	
Renda anual dos terrenos ( $€/ha$ )	1000	
Custos anuais relativos a consumos e outros custos administrativos ( $€/MWp$ )	800	

Partindo do custo de base dos painéis solares de 650 €/kWp, optou-se por levar a cabo uma análise de sensibilidade para o que se considerou um acréscimo de tal custo de 10% conducente ao custo de investimento em módulos fotovoltaicos de 715 €/kWp. Num período económico tão incerto como o atual, decidiu-se ainda incorporar na análise três panoramas diferentes para a definição do preço de venda da energia elétrica de origem fotovoltaica, que contribuirá para a receita do projeto. Foram então explorados os cenários pessimista, otimista e intermédio, que determinam o preço da energia para os anos subsequentes de acordo com cada perspetiva<sup>40</sup>. A informação completa da receita da produção de energia fotovoltaica especulada para este período de análise (entre 2023 e 2052) é apresentada na *Tabela 42* em anexo.

Como mencionado em **3.2.4.2.**, a estratégia adotada passa por calcular os valores da *TIR*, resultantes da subdivisão do período de simulação das energias em ciclos menores (com duração de *d* fixada em 30 anos). Assim, no AHE de Covas do Barroso o primeiro objeto da simulação conjunta do aproveitamento e de um eventual parque solar fotovoltaico utilizou os dados de caudal entre os anos hidrológicos de 1957/1958 e 1986/1987 (ou seja, de outubro de 1957 a setembro de 1987) e o último subperíodo do período, os dados entre 1987/1988 e 2016/2017 (ou seja, entre outubro de 1987 e setembro de 2017), perfazendo um total de 31 subperíodos de 30 anos. No AHE de Pinhel o primeiro subperíodo contou com os dados de caudal entre os anos hidrológicos de 1955/1955 e 1984/1985 (ou seja, de outubro de 1955 a setembro de 1985) e o último subperíodo, os dados entre 1981/1982 e 2010/2011 (ou seja, entre outubro de 1981 e setembro de 2011), perfazendo um total de 27 subperíodos de 30 anos.

Desta maneira, a análise de rentabilidade económica foi realizada combinando todos subperíodos de 30 anos de produções hidroelétricas e fotovoltaicas simuladas, com os dois custos unitários adotados para o equipamento dos parques, com três cenários de valorização no mercado da receita com a produção de energia fotovoltaica, e com sete alternativas para a potência instalada (1 a 7 *MWp*).



## 4. Resultados

### 4.1. Apresentação de resultados

#### 4.1.1. Energia hidroelétrica

##### 4.1.1.1. Produção de energia hidroelétrica

A partir da transposição de caudais médios diários nas estações hidrométricas, e de acordo com o procedimento definido em **3.2.3.1.**, foi possível simular e agrupar os dados relativos à energia hidroelétrica diária produzida em cada central. Para o AHE de Covas do Barroso foram simulados 60 anos de produção de energia, entre outubro de 1957 e setembro de 2017. Para o AHE de Pinhel o período de simulação foi de 56 anos, entre outubro de 1955 e setembro de 2011. Nas *Tabelas 7, 8, 9*, disponíveis em apêndice, é apresentada a informação referente aos dados mensais simulados em Covas do Barroso, e na *Tabela 11* os correspondentes valores anuais. Nas *Tabelas 10 e 12*, também incluídas no mesmo apêndice, é apresentada a informação da simulação da produção de energia hidroelétrica em Pinhel, a primeira, relativa a dados mensais e, a última, a dados anuais.

##### 4.1.1.2. Validação do modelo de simulação da exploração das centrais hidroelétricas

Tendo em vista validar os modelos de transposição de informação hidrométrica e de simulação da exploração das centrais hidroelétricas compararam-se, aos níveis mensal e anual e para os períodos dispendo de dados de exploração, as energias produzidas com as simuladas. No que concerne ao aproveitamento hidroelétrico de Covas do Barroso, a energia anual média decorrente da simulação da sua exploração foi de 16.47 GWh, enquanto a energia anual média real, isto é, efetivamente produzida foi de 15.20 GWh (entre outubro de 2005 e setembro de 2021, excluindo o período de outubro de 2011 a setembro de 2012 por falta de dados completos). Tendo por base as energias, por um lado reais de acordo com os dados de exploração e, por outro lado, obtidas por simulação da exploração diária da central obtiveram-se as correlações entre as mesmas aos níveis mensal e anual para os períodos de tempo em que simultaneamente foi possível dispor daquelas energias, ou seja, entre março de 1999 e setembro de 2017. As correlações obtidas foram de 0.956 e de 0.997, ao nível mensal e anual, respetivamente. Nas *Tabelas 7, 8, 9 e 11*, disponível em apêndice, consta a informação de base para o efeito utilizada referindo-se, as três primeiras tabelas, a dados mensais e, a última, a dados anuais. Tal informação está também representada nas *Figuras 11*, para o mês, e *12*, para o ano, as quais incluem ainda a representação das retas de regressão conducentes aos mencionados coeficientes de correlação.

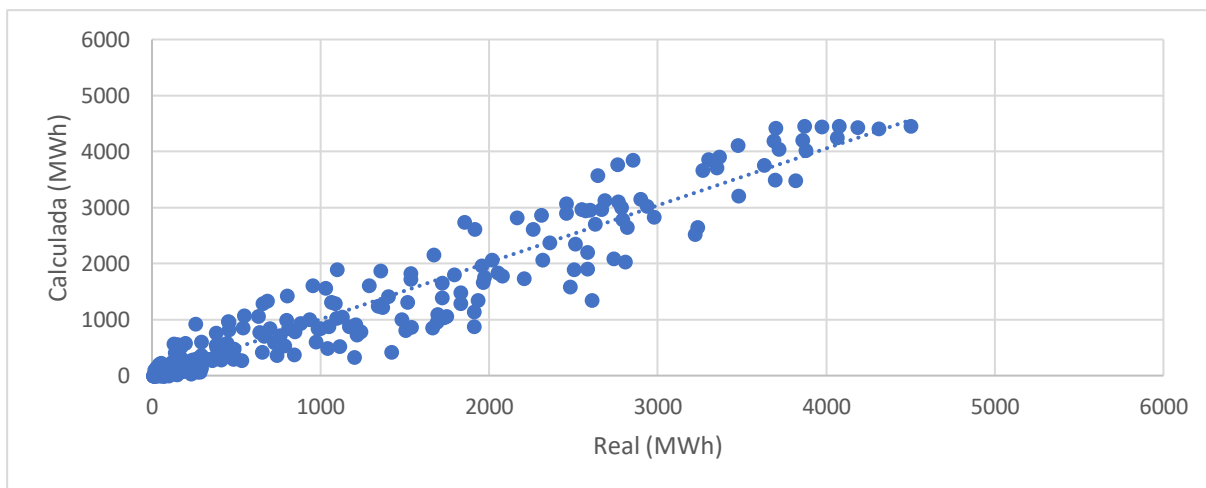


Figura 11: AHE de Covas do Barroso. Produções hidroelétricas mensais reais e decorrentes da simulação diária da exploração da central.

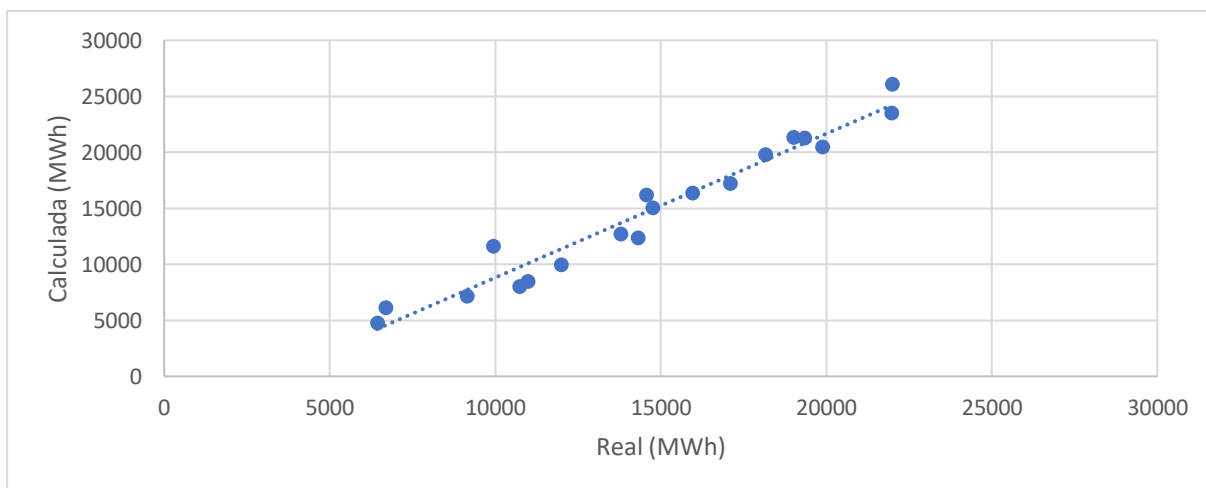
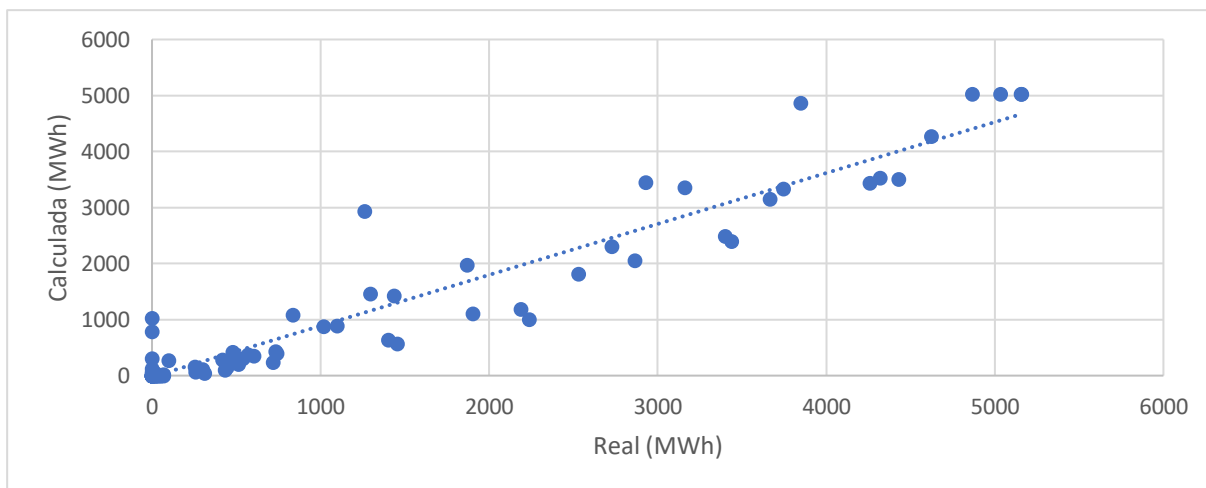
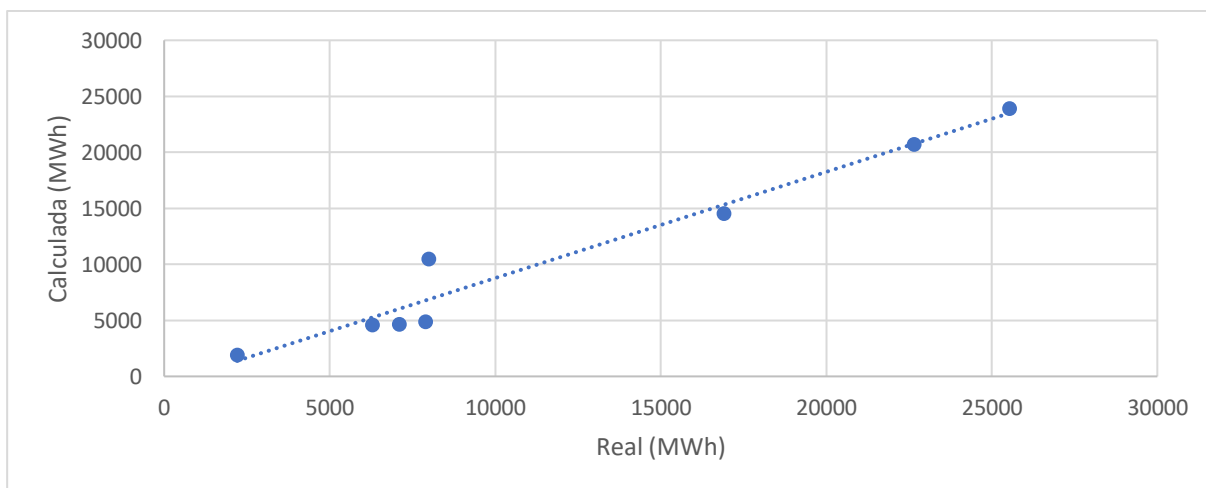


Figura 12: AHE de Covas do Barroso. Produções hidroelétricas anuais reais e decorrentes da simulação diária da exploração da central.

Relativamente ao aproveitamento hidroelétrico de Pinhel, a energia anual média calculada para o período de simulação foi de 16.39 GWh, enquanto a energia anual média real foi de 16.50 GWh (entre outubro de 2006 e setembro de 2021). De forma análoga ao procedimento adotado em Covas do Barroso, calcularam-se as correlações entre as energias reais e as obtidas por simulação da exploração diária da central, aos níveis mensal e anual para os períodos de tempo com registos simultâneos de energia, ou seja, entre abril de 2004 e setembro de 2011. As correlações obtidas aos níveis mensal e anual foram de 0.961 e de 0.979, respetivamente. Novamente, nas Tabelas 10 e 12, incluídas em apêndice, é apresentada a informação de base utilizada para este cálculo referindo-se, a primeira, a dados mensais e, a última, a dados anuais. Essa mesma informação está ilustrada nas Figuras 13, para o mês, e 14, para o ano, onde estão também representadas as retas de regressão relativas aos coeficientes de correlação mencionados.



*Figura 13: AHE de Pinhel. Produções hidroelétricas mensais reais e decorrentes da simulação diária da exploração da central.*



*Figura 14: AHE de Pinhel. Produções hidroelétricas anuais reais e decorrentes da simulação diária da exploração da central.*

Tanto no caso do AHE de Covas do Barroso, como no de Pinhel, as elevadas correlações entre energias mensais e anuais simuladas e efetivamente registadas conferem credibilidade aos modelos para o efeito utilizados, ou seja, de transposição de informação hidrométrica e de simulação da exploração da central. Neste entendimento, considera-se suficientemente fiável aplicar a análise económica às produções em subperíodos consecutivos de 30 anos tendo em vista apreciar o efeito da variabilidade hidrológica eventualmente já combinado com as consequências das alterações climáticas na apreciação da viabilidade do investimento na hibridização.

## 4.1.2. Energia fotovoltaica

### 4.1.2.1. Produção de energia fotovoltaica

Tal como mencionado em capítulos anteriores, de modo a otimizar a atividade conjunta das duas fontes renováveis de produção de eletricidade, a simulação da produção de energia proveniente do parque solar admitiu diferentes potências fotovoltaicas instaladas, entre 1 e 7 MWp, analisando assim uma maior quantidade de alternativas. Neste subcapítulo, e até ao ponto de partida da análise de rentabilidade económica, falar-se-á sempre em produção de energia elétrica bruta, ou seja, sem entrar em conta com a devida contabilização da degradação, inicial de 1.25% e anual de 0.55%, da produção fotovoltaica.

Em Covas do Barroso, e para cada uma dessas hipóteses de potência nominal instalada, foram simulados dados relativos a 60 anos de produção de energia fotovoltaica, entre outubro de 1957 e setembro de 2017, tendo por base os valores de energia hidroelétrica simulados nesse período, e entre outubro de 2005 e setembro de 2021, originados por valores reais de produção hidroelétrica (excluindo novamente o período de outubro de 2011 a setembro de 2012 por falta de registos). Em Pinhel, nas mesmas condições de análise anteriormente descritas, foram simulados 56 anos de produção de energia fotovoltaica, entre outubro de 1955 e setembro de 2011, tendo por base a produção hidroelétrica simulada, e entre outubro de 2006 e setembro de 2021, relativos aos valores reais de energia hidroelétrica produzida no correspondente período.

Em apêndice, as *Tabelas 13* e *14* apresentam a informação completa sobre os dados referentes aos valores anuais da energia fotovoltaica bruta e por MWp produzida nas centrais de Covas do Barroso e Pinhel, respetivamente, tendo por base os valores de energia hidroelétrica simulados para o mesmo período. Também em apêndice, as *Tabelas 15* e *16* apresentam os valores anuais da energia fotovoltaica bruta e por MWp produzida nas centrais de Covas do Barroso e Pinhel, respetivamente, a partir dos valores reais de energia hidroelétrica produzida nos AHE e no mesmo intervalo de tempo.

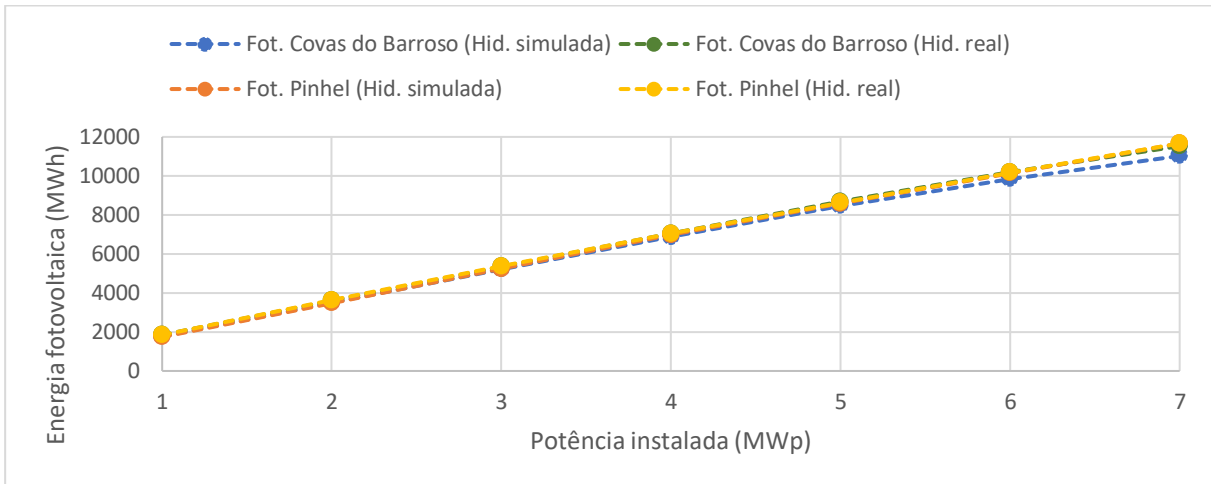
Ao avaliar esses resultados, verificou-se a pertinência em analisar a evolução da produção de energia fotovoltaica em função do aumento da potência instalada no PV, não só em termos brutos, mas também em termos relativos. No seguimento dessa perspetiva, a *Tabela 6* apresenta a informação sumarizada dos valores médios anuais da energia fotovoltaica produzida nos AHE de Covas do Barroso e Pinhel.

*Tabela 6: Média dos valores anuais da energia fotovoltaica produzida nos AHE de Covas do Barroso e Pinhel.*

Potência instalada	Produção anual média em Covas (MWh)				Produção anual média em Pinhel (MWh)			
	Fotovoltaica (H. real)		Fotovoltaica (H. sim.)		Fotovoltaica (H. real)		Fotovoltaica (H. sim.)	
	Bruta	por MWp	Bruta	por MWp	Bruta	por MWp	Bruta	por MWp
1 MWp	1768.38	1768.38	1840.95	1840.95	1741.58	1741.58	1843.87	1843.87
2 MWp	3509.37	1754.69	3610.98	1805.49	3483.16	1741.58	3630.19	1815.10
3 MWp	5217.98	1739.33	5346.99	1782.33	5224.72	1741.57	5361.37	1787.12
4 MWp	6878.30	1719.58	7040.63	1760.16	6964.05	1741.01	7033.62	1758.41
5 MWp	8462.47	1692.49	8672.13	1734.43	8585.21	1717.04	8633.14	1726.63
6 MWp	9842.60	1640.43	10195.14	1699.19	10140.85	1690.14	10164.22	1694.04
7 MWp	11023.16	1574.74	11526.21	1646.60	11664.48	1666.35	11666.87	1666.70

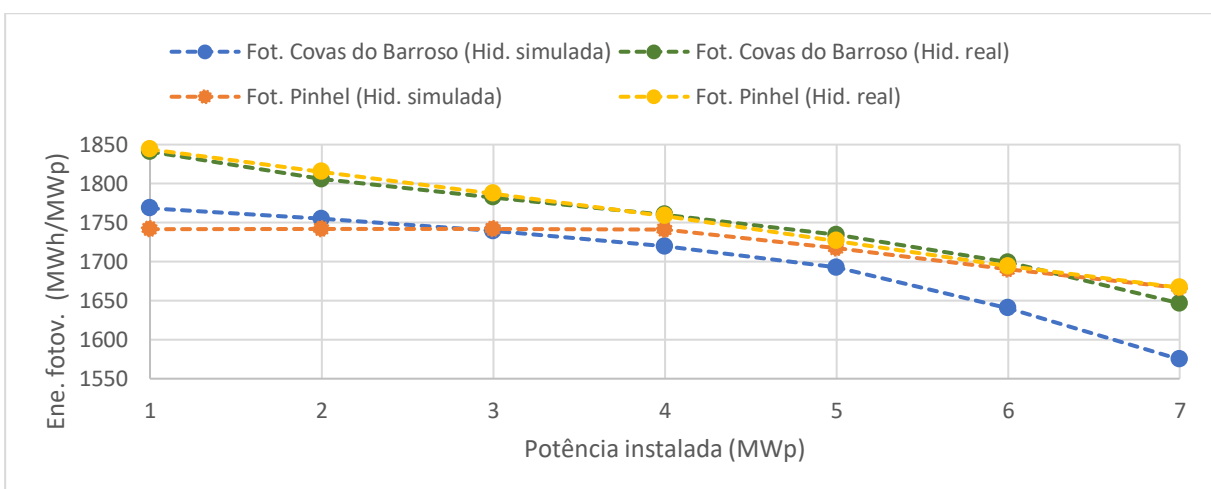


Tal como seria espectável, à medida que a potência instalada no parque solar aumenta, a energia total produzida através dessa fonte aumenta também. Essa evolução pode ser visualizada na *Figura 15* e regista-se para os dois empreendimentos.



*Figura 15: Energia fotovoltaica bruta anual média em função da potência instalada.*

No entanto, quando o foco é a energia fotovoltaica produzida por MWp, verifica-se um decréscimo à medida que a capacidade instalada no PV aumenta, como é possível verificar na *Figura 16*. Isto deve-se ao facto de, apesar do aumento da disponibilidade para a geração de energia fotovoltaica, nem sempre se refletir na produção da mesma devido à priorização da utilização da fonte hídrica. Nesses casos, o aumento da potência instalada dos painéis fotovoltaicos leva à diminuição do aproveitamento dos mesmos. Finalmente, e de acordo com o modelo simulado em Pinhel, a linha laranja permanece constante nos primeiros quatro registos, sugerindo uma disponibilidade semelhante para a produção de energia fotovoltaica nessa gama de potências.



*Figura 16: Energia fotovoltaica por MWp anual média em função da potência instalada.*

#### 4.1.2.2. Relação entre as energias hidroelétrica e fotovoltaica em Covas do Barroso

Nas Figuras 17 e 18 é representada a informação sobre a energia fotovoltaica bruta produzida no AHE de Covas do Barroso em função da energia hidroelétrica simulada e real, respetivamente. Nos dois gráficos constata-se novamente que quanto maior é a potência fotovoltaica disponível, maior é a produção através dessa fonte energia. Ao analisar a evolução das curvas representantes dos vários módulos instalados, observa-se um ligeiro comportamento descendente da energia fotovoltaica à medida que a produção hidroelétrica aumenta. Essa tendência é justificada pelo impedimento da produção fotovoltaica em alguns períodos do ano hidrológico uma vez que a energia hidroelétrica é priorizada, sendo este constrangimento mais acentuado durante o semestre húmido. Não obstante, essa tendência manifesta-se bastante ténue, o que pode ser explicado pela forte complementaridade entre as duas fontes de energia, permitindo a produção fotovoltaica com diminutas restrições em longos períodos do ano hidrológico, maioritariamente durante o semestre seco.

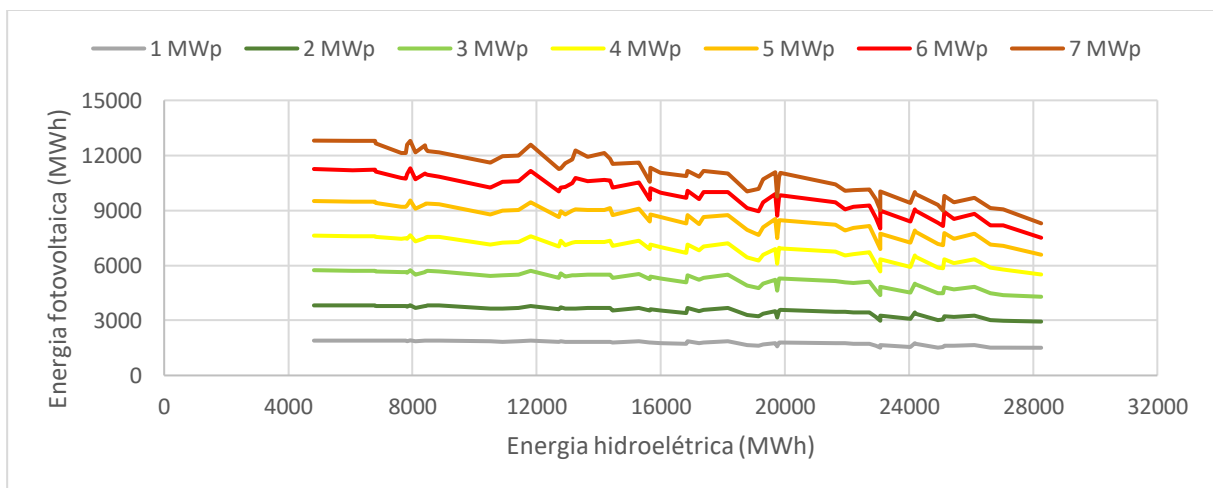


Figura 17: Energia fotovoltaica bruta em função da energia hidroelétrica simulada em Covas do Barroso.

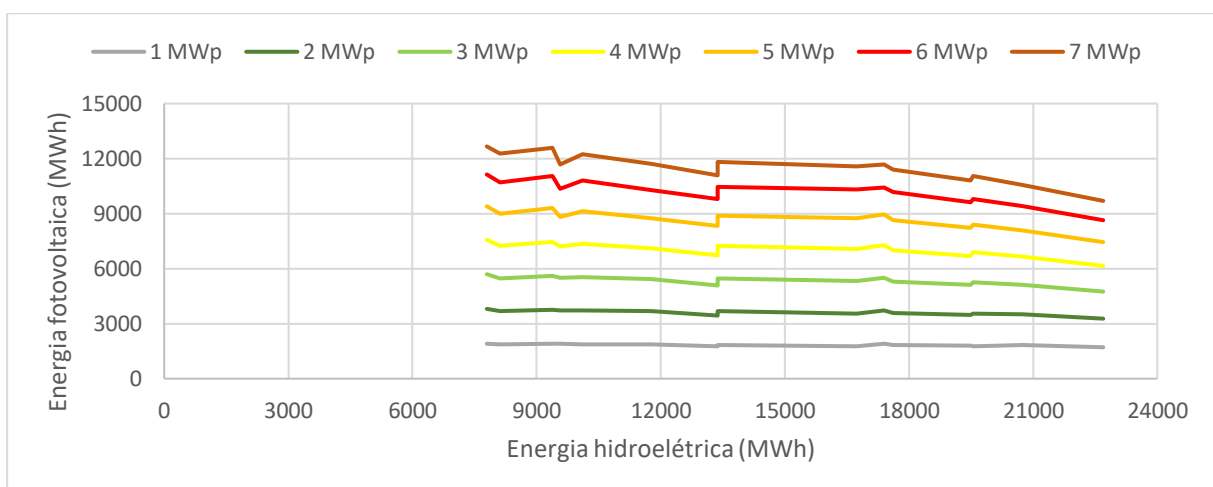


Figura 18: Energia fotovoltaica bruta em função da energia hidroelétrica real em Covas do Barroso.

Nas Figuras 19 e 20 é ilustrada a informação sobre a energia fotovoltaica produzida por MWp instalado no AHE de Covas do Barroso em função da energia hidroelétrica simulada e real, respetivamente. Nestes dois gráficos é evidenciado o maior aproveitamento dos PV com menor potência, sendo estes os que apresentam maior produção de energia fotovoltaica por MWp instalado. Nestes gráficos verifica-se uma tendência decrescente mais acentuada para os módulos de maior potência à medida que a produção de energia hidroelétrica aumenta. Com a priorização da fonte hídrica previamente mencionada, este tornou-se um fenómeno expectável uma vez que, como referido na *Equação (23)*, a produção de energia fotovoltaica está limitada a uma potência máxima disponível e, por consequência, esse limite é excedido com maior frequência nos módulos de maior potência. Os máximos locais acentuados ao longo das curvas são justificados por anos hidrológicos com períodos muitos chuvosos durante o semestre húmido e com abundância solar no semestre seco, possibilitando a forte produção a partir de ambas as fontes.

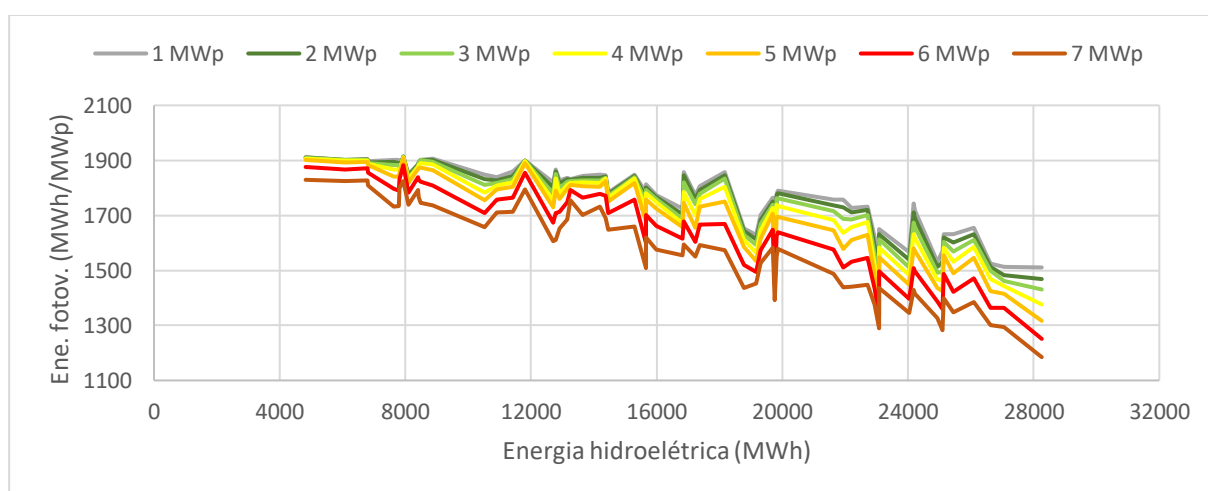


Figura 19: Energia fotovoltaica por MWp em função da energia hidroelétrica simulada em Covas do Barroso.

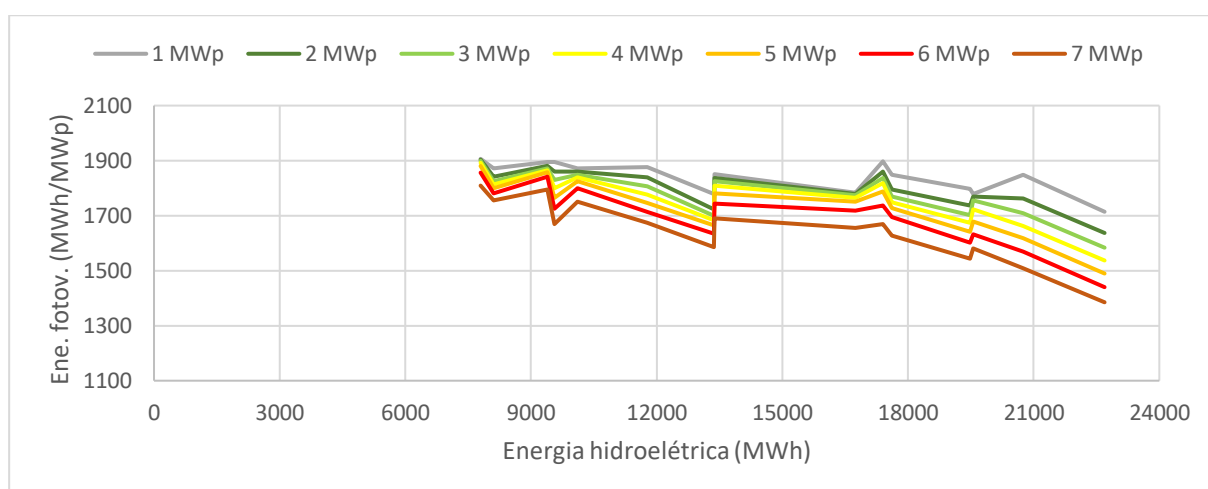


Figura 20: Energia fotovoltaica por MWp em função da energia hidroelétrica real em Covas do Barroso.

#### 4.1.2.3. Relação entre as energias hidroelétrica e fotovoltaica em Pinhel

Nas Figuras 21 e 22 é representada a produção fotovoltaica bruta no AHE de Pinhel em função da energia hidroelétrica simulada e real, respetivamente. À semelhança da evolução registada no AHE de Covas do Barroso, nestes gráficos verifica-se novamente a tendência descendente da energia fotovoltaica à medida que a produção de energia hidroelétrica aumenta. Mais uma vez, este desenvolvimento pode ser explicado pelo condicionalismo relativo à produção fotovoltaica nos períodos em que a fonte hídrica apresenta as condições mais favoráveis à geração de eletricidade. Ainda assim, essa tendência verifica-se pouco acentuada, tornando perceptível a enorme disponibilidade para a produção de energia fotovoltaica em grande parte do período estudado. O mínimo acentuado registado nas curvas é justificado por um ano hidrológico em que a precipitação incidiu fortemente no semestre hidrológico seco, no qual a produção hidroelétrica se sobrepôs à geração fotovoltaica no seu período mais determinante.

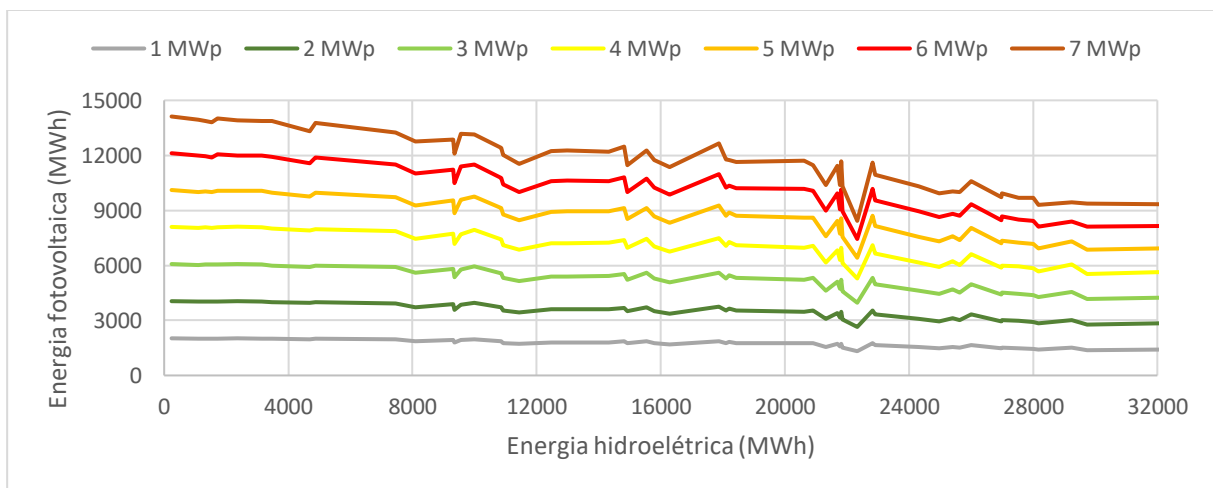


Figura 21: Energia fotovoltaica bruta em função da energia hidroelétrica simulada em Pinhel.

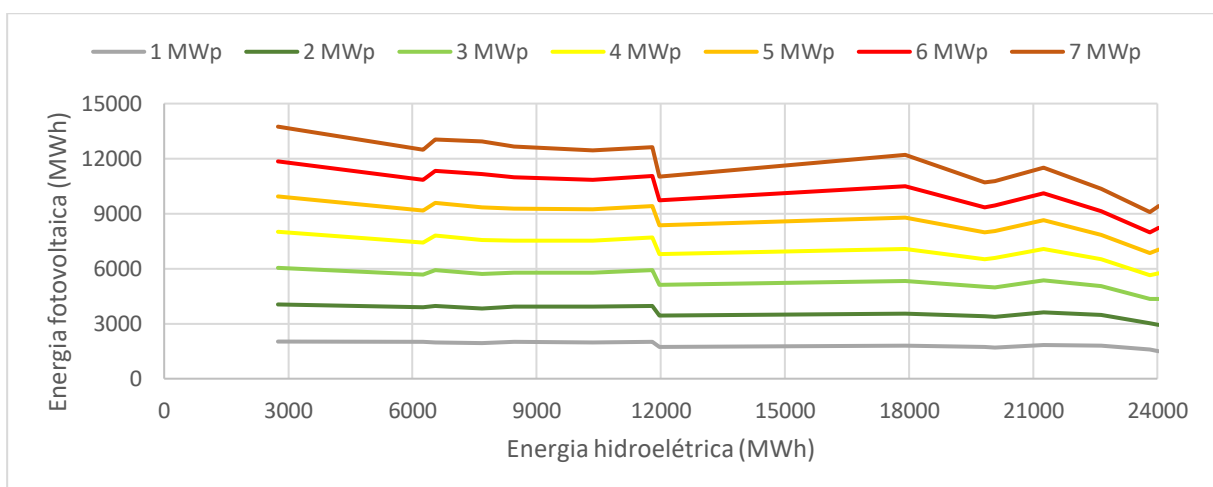


Figura 22: Energia fotovoltaica bruta em função da energia hidroelétrica real em Pinhel.

Nas Figuras 23 e 24 é ilustrada a informação sobre a energia fotovoltaica produzida por MWp instalado no AHE de Pinhel em função da energia hidroelétrica simulada e real, respetivamente. Nestes dois gráficos manifesta-se novamente o menor aproveitamento dos módulos de maior potência, sendo estes os que exibem menor produção fotovoltaica por MWp instalado. Além das características registadas no AHE de Covas do Barroso e novamente verificadas em Pinhel, na Figura 23 é notória uma similitude entre as curvas de menor potência instalada. Desta maneira, e tal como já se tinha verificado na Figura 16, o modelo simulado sugere uma disponibilidade de produção fotovoltaica semelhante para as primeiras quatro potências instaladas no PV. Por fim, observa-se um pico mínimo bastante acentuado associado a um ano hidrológico em que a precipitação coincidiu com os meses correntes de maior exposição solar, nos quais a produção de energia hidroelétrica foi priorizada em prejuízo da fonte solar.

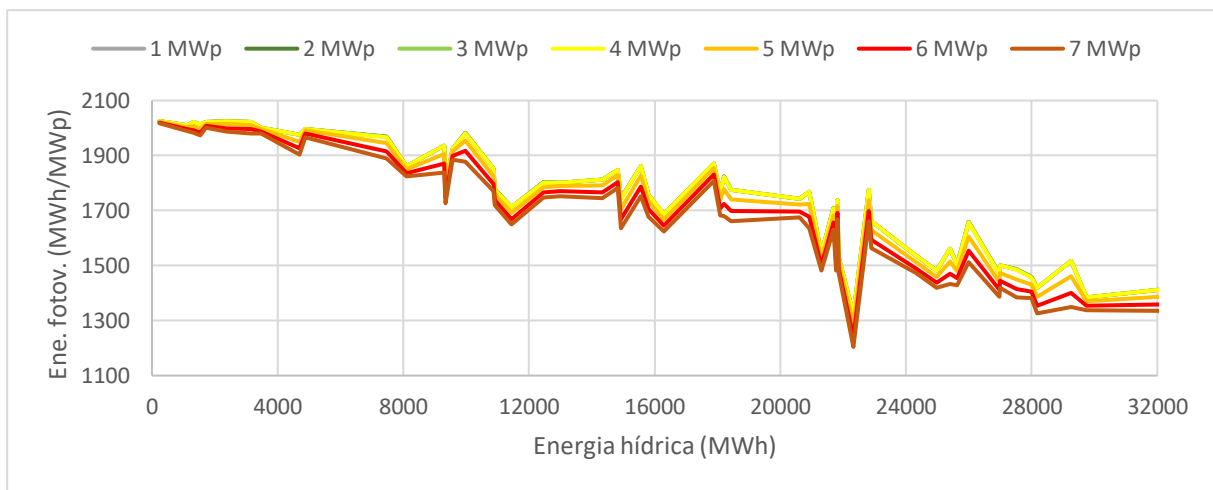


Figura 23: Energia fotovoltaica por MWp em função da energia hidroelétrica simulada em Pinhel.

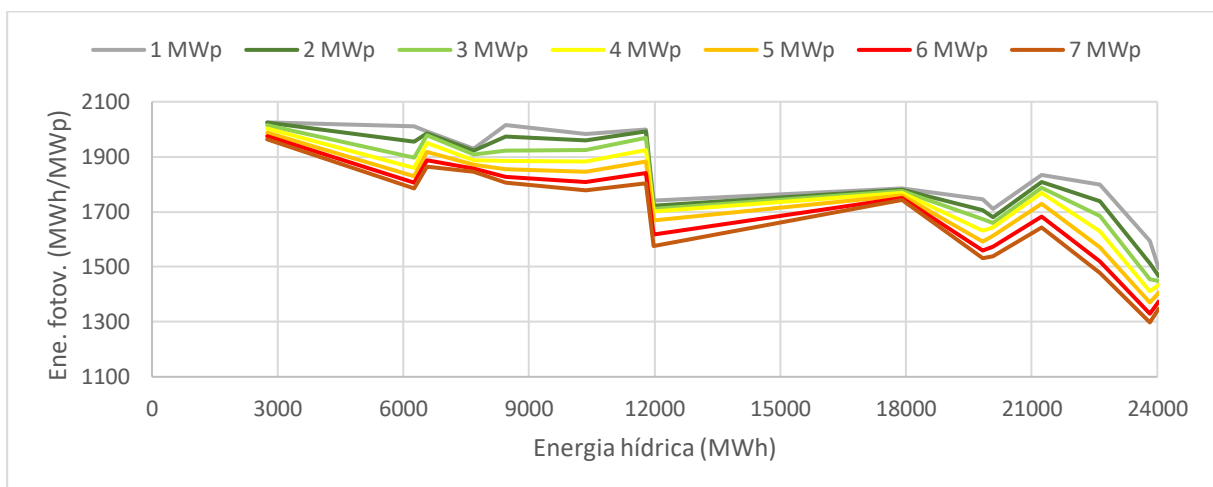


Figura 24: Energia fotovoltaica por MWp em função da energia hidroelétrica real em Pinhel.

### 4.1.3. Energia híbrida

#### 4.1.3.1. Análise de períodos relevantes

Para melhor se compreender a dinâmica existente entre a produção de energia hidroelétrica (fonte hídrica) e fotovoltaica (fonte solar), selecionaram-se alguns anos relevantes para análise e discussão, tendo sempre por base a potência instalada de 1 MWp. As Figuras 25 e 26 representam a simulação da produção de energia no ano hidrológico seco de 1991/1992 em Covas do Barroso e Pinhel, respetivamente, e as Figuras 27 e 28 representam a energia simulada para os mesmos locais no ano 2004/2005, também este caracterizado por ser um ano seco. Como é possível verificar nestas figuras, existe um grande défice de energia hidroelétrica ao longo do ano e apenas é atingida a potência máxima disponível em poucos momentos. Por consequência, durante todo período existe uma quase total disponibilidade para a produção de energia fotovoltaica até ao limite da potência instalada de 1 MWp.

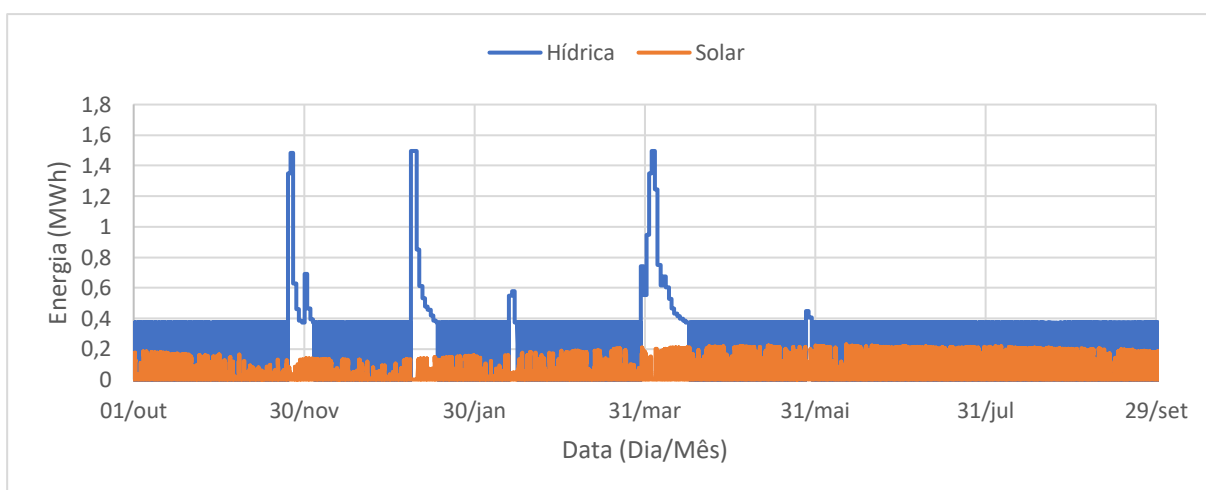


Figura 25: Energia simulada para 1 MWp instalado em Covas do Barroso num ano seco (1991/1992).

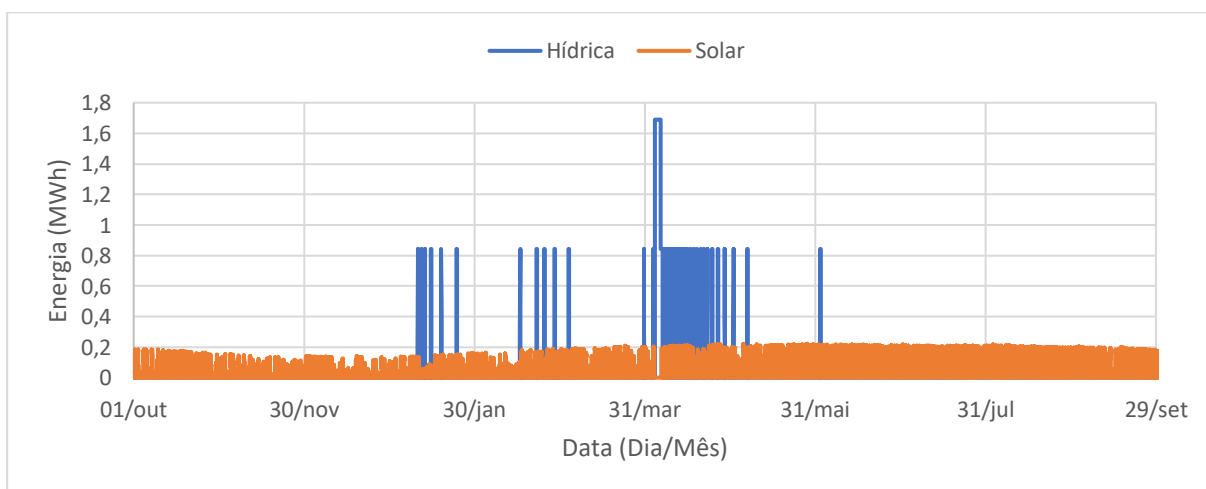


Figura 26: Energia simulada para 1 MWp instalado em Pinhel num ano seco (1991/1992).

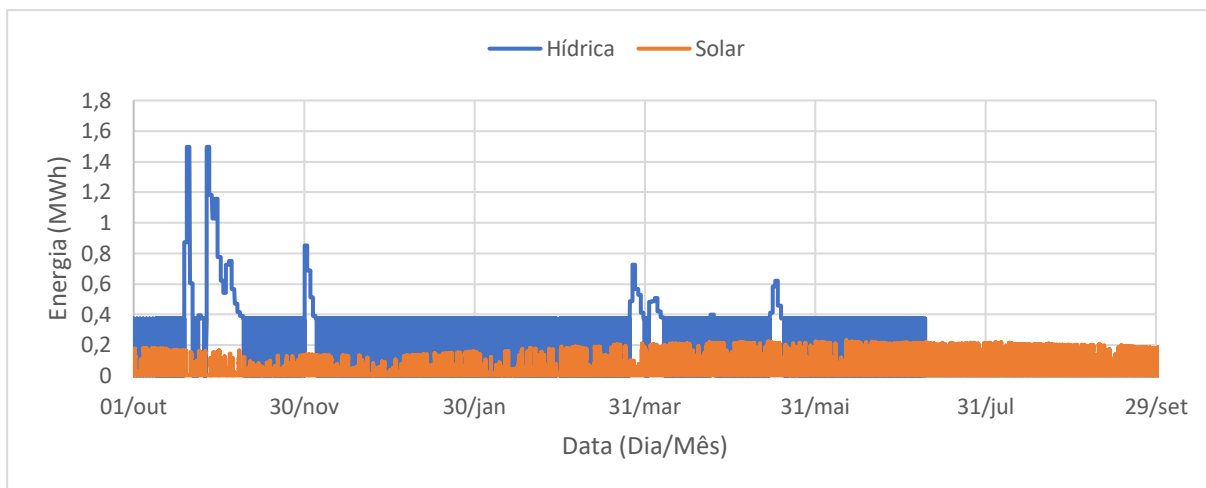


Figura 27: Energia simulada para 1 MWp instalado em Covas do Barroso num ano seco (2004/2005).

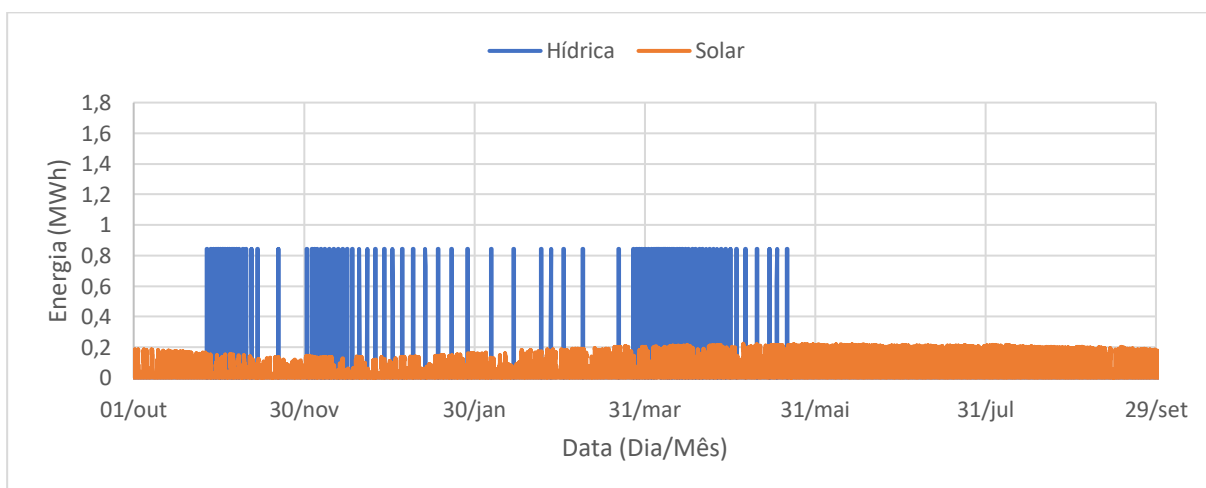


Figura 28: Energia simulada para 1 MWp instalado em Pinhel num ano seco (2004/2005).

As Figuras 29 e 30 representam a energia simulada no ano hidrológico médio de 1957/1958 em Covas do Barroso e Pinhel, respetivamente, e as Figuras 31 e 32 representam a simulação de energia produzida nos mesmos locais no ano médio de 1973/1974. Ao contrário do que foi analisado anteriormente, nestes anos existem vários períodos em que a produção de energia hidroelétrica atinge a potência máxima contratada e, como tal, segundo os pressupostos descritos anteriormente, essa energia é priorizada em detrimento da fonte solar. Por consequência, nesses períodos maioritariamente incidentes no semestre hidrológico húmido, toda a energia solar captada é desaproveitada, não havendo qualquer aplicação desta fonte. Por outro lado, a produção fotovoltaica desenrola-se praticamente sem restrições entre os meses de abril e setembro, uma vez que a instalação hidroelétrica não requisita a capacidade máxima das centrais, permitindo assim a geração de eletricidade a partir da fonte solar na grande maioria desse período. Este comportamento é verificado tanto no AHE de Covas de Barroso como no de Pinhel.

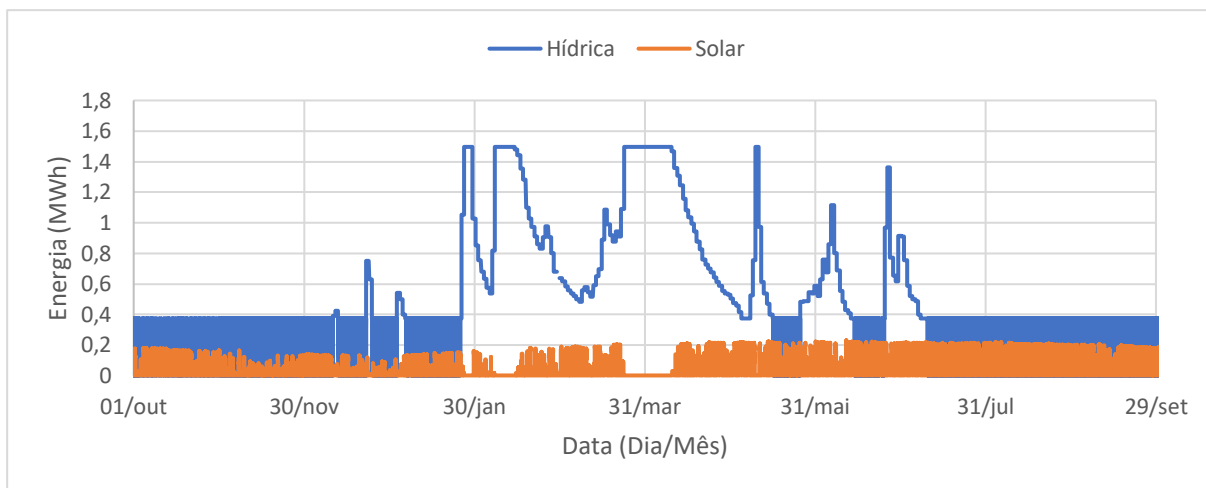


Figura 29: Energia simulada para 1 MWp instalado em Covas do Barroso num ano médio (1957/1958).

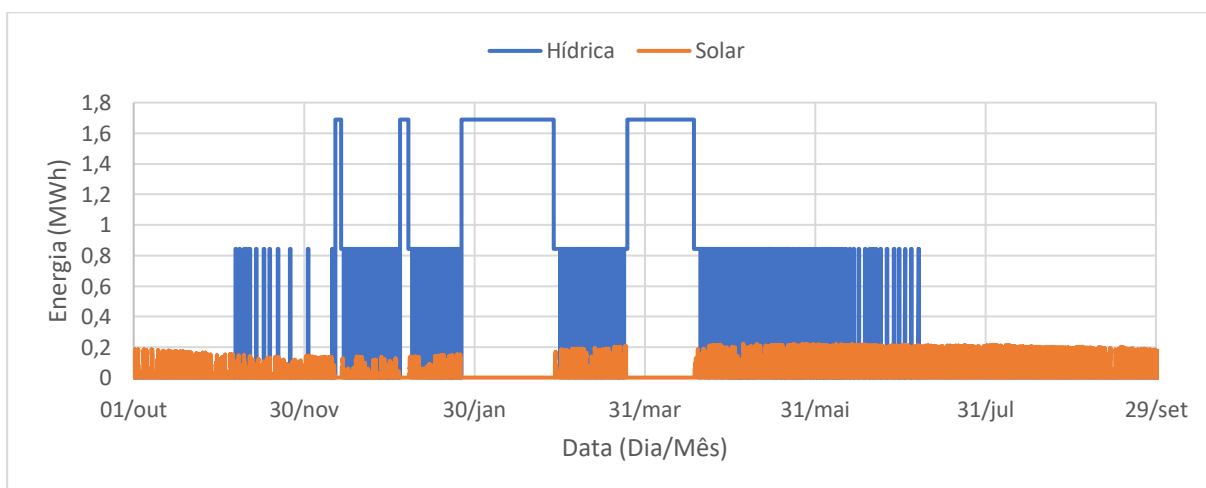


Figura 30: Energia simulada para 1 MWp instalado em Pinhel num ano médio (1957/1958).

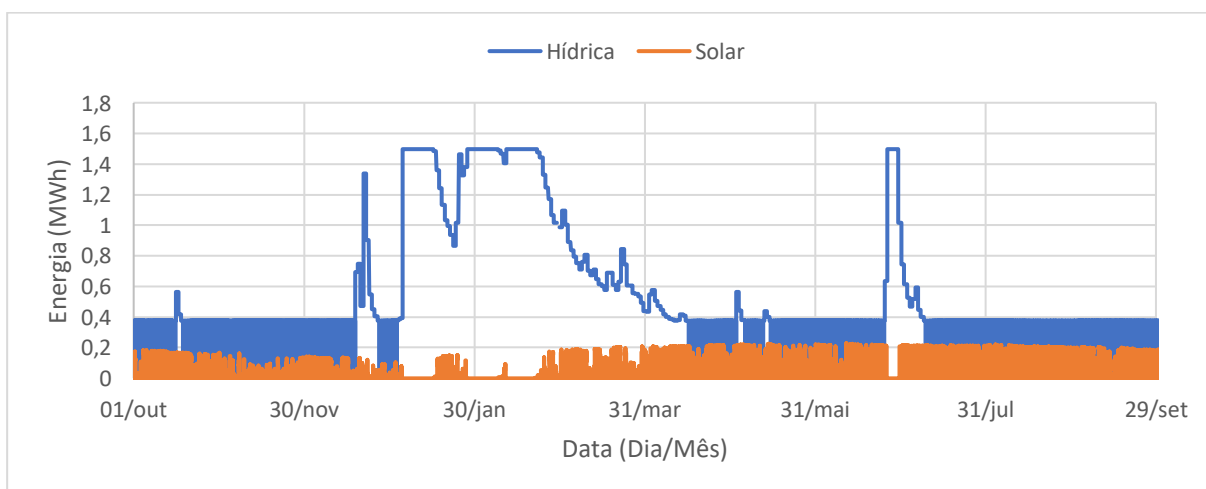


Figura 31: Energia simulada para 1 MWp instalado em Covas do Barroso num ano médio (1973/1974).



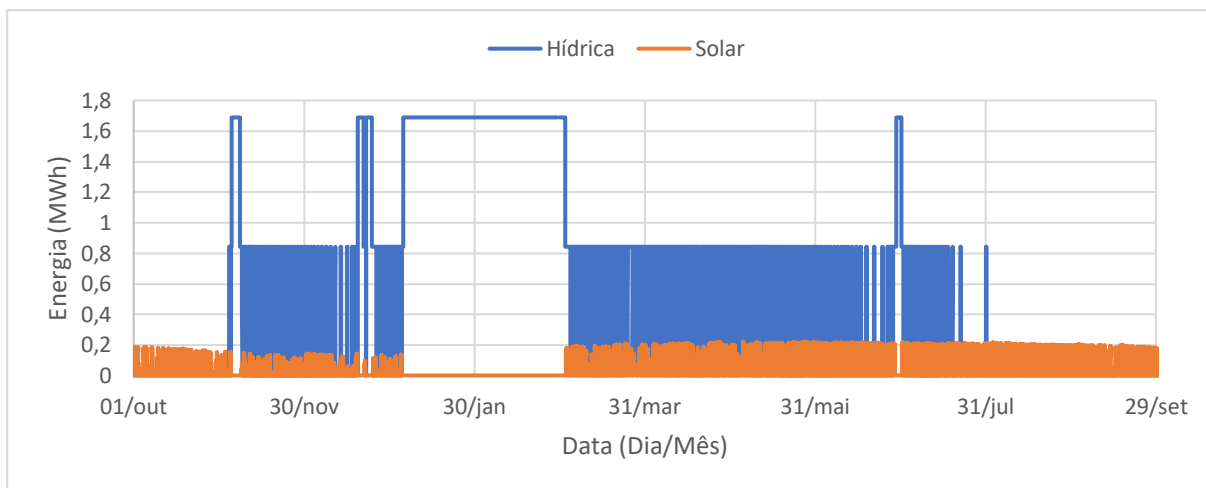


Figura 32: Energia simulada para 1 MWp instalado em Pinhel num ano médio (1973/1974).

Por fim, as Figuras 33 e 34 representam a simulação da produção de energia no ano hidrológico húmido de 1959/1960 em Covas do Barroso e Pinhel, respetivamente, e as Figuras 35 e 36 representam a energia simulada para os mesmos locais no ano 1965/1966, também este caracterizado por ser um ano húmido. Em total contraste com os anos secos, em grande parte destes anos a produção hidroelétrica atinge a potência máxima de injeção na rede em ambos os AHE. Tal como já havia acontecido em alguns períodos dos anos hidrológicos médios, a fonte de energia hídrica sobrepõe-se à fonte solar, não havendo qualquer produção fotovoltaica nesses períodos. Nestes anos, o intervalo de tempo no qual a geração de energia fotovoltaica está paralisada é muito substancial e afeta consideravelmente o desempenho desta fonte de energia. Mais uma vez, este panorama manifesta-se tanto na central hidroelétrica de Covas de Barroso, como na de Pinhel, aumentando assim o interesse no estudo de viabilidade da associação das duas fontes renováveis.

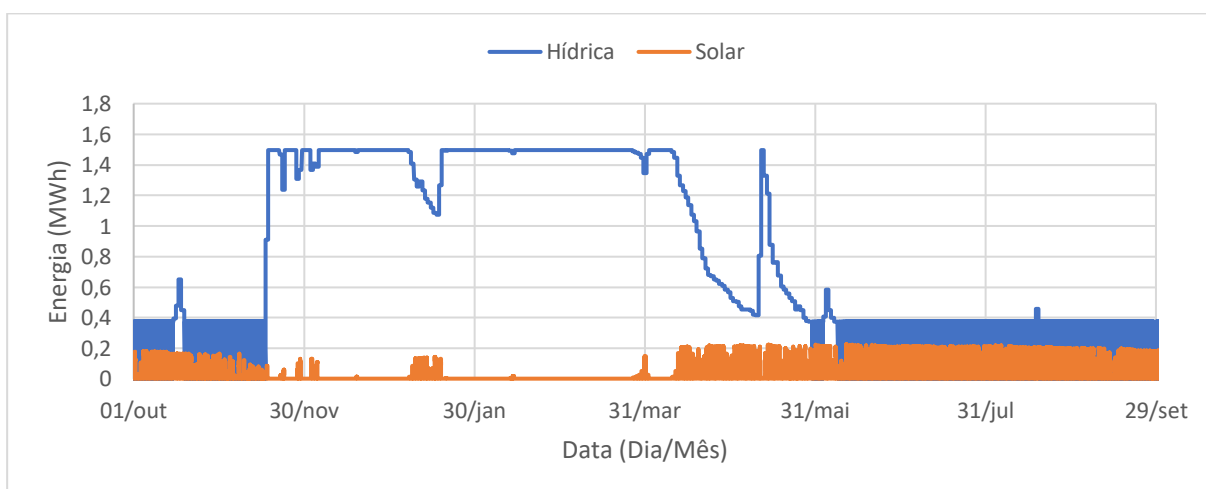


Figura 33: Energia simulada para 1 MWp instalado em Covas do Barroso num ano húmido (1959/1960).

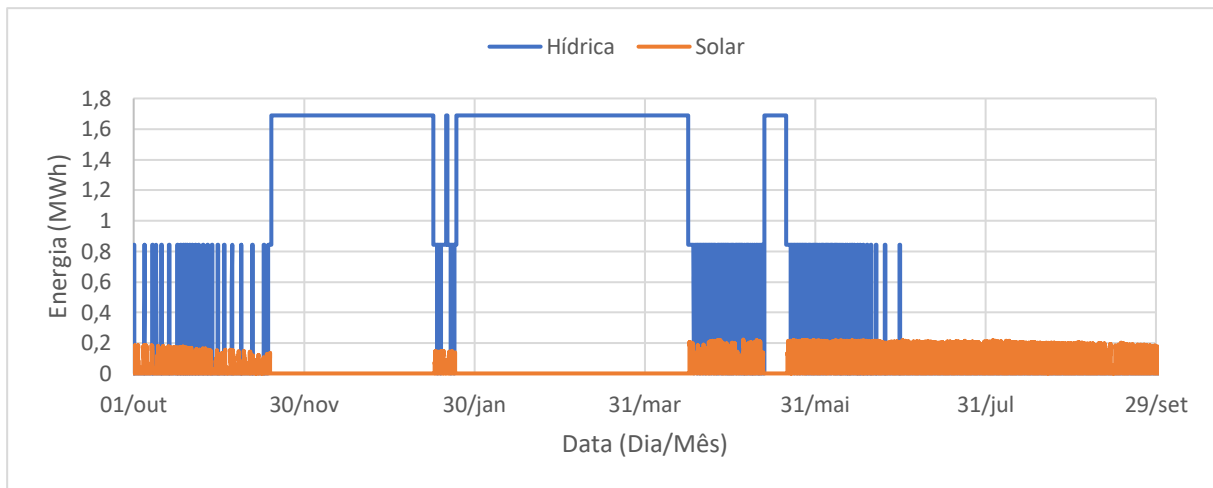


Figura 34: Energia simulada para 1 MWp instalado em Pinhel num ano húmido (1959/1960).

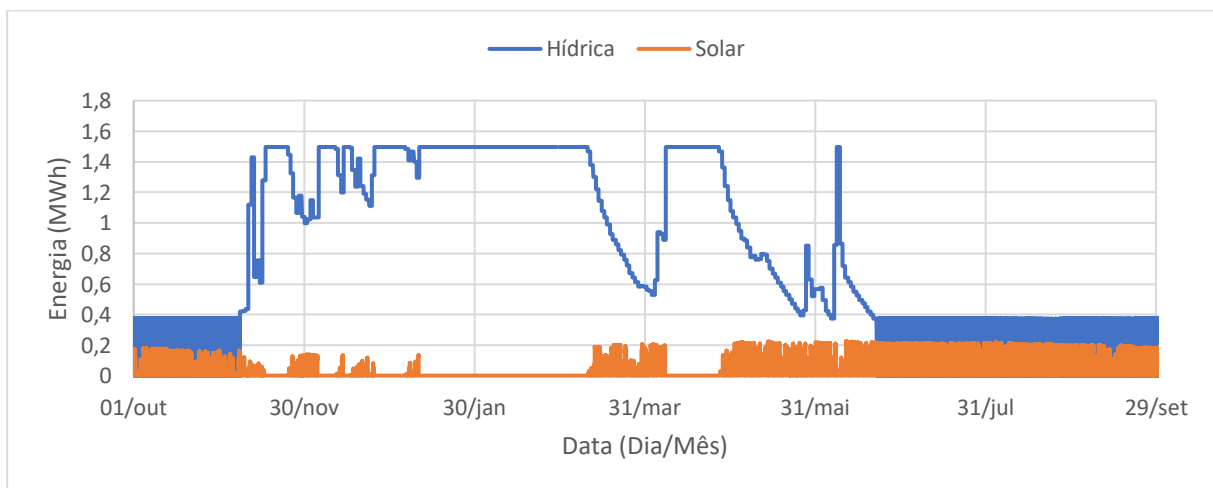


Figura 35: Energia simulada para 1 MWp instalado em Covas do Barroso num ano húmido (1965/1966).

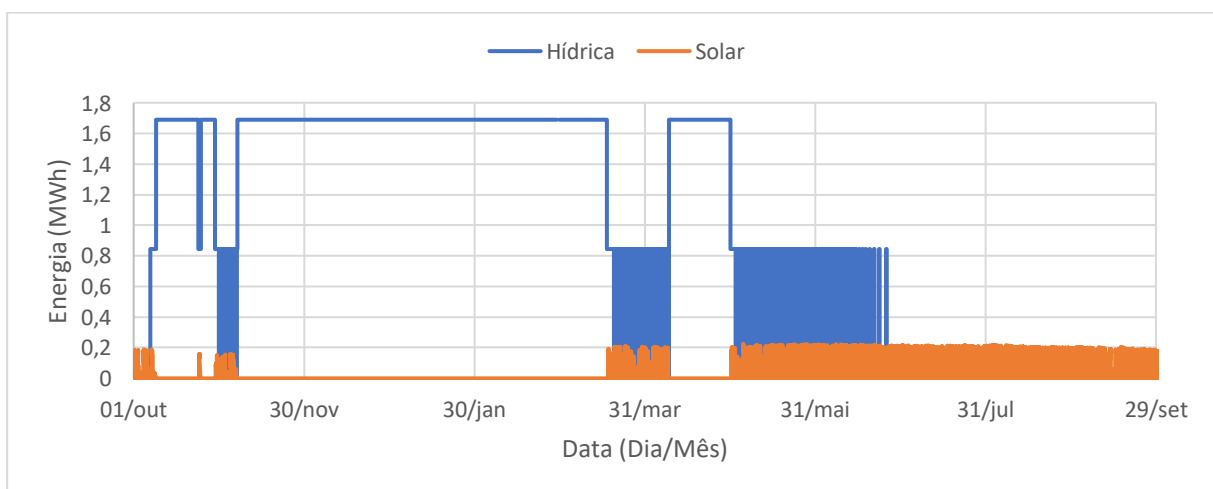
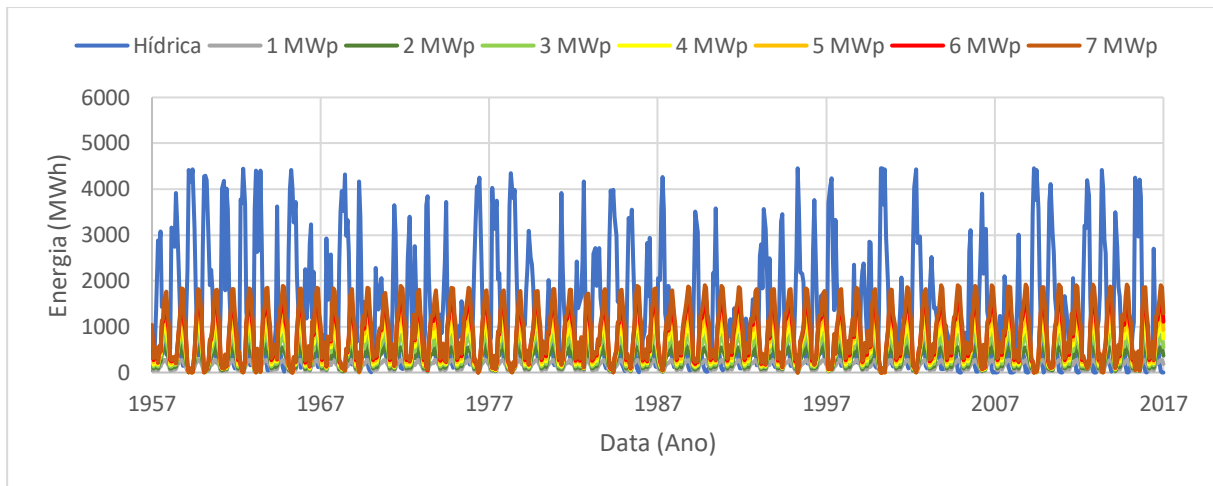


Figura 36: Energia simulada para 1 MWp instalado em Pinhel num ano húmido (1965/1966).

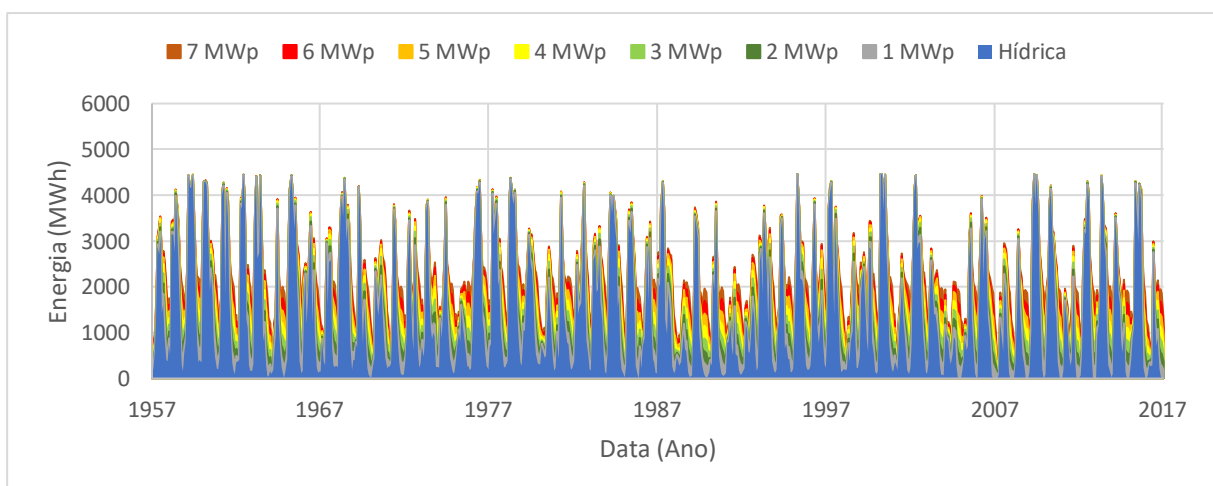
#### 4.1.3.2. Produção de energia híbrida em Covas do barroso

Na *Figura 37* são representados os valores simulados da produção de energia hidroelétrica e fotovoltaica entre 1957 e 2017. É possível observar que a produção de energia fotovoltaica surge nos períodos onde a energia hidroelétrica é reduzida, e torna-se praticamente nula nos períodos mais húmidos.



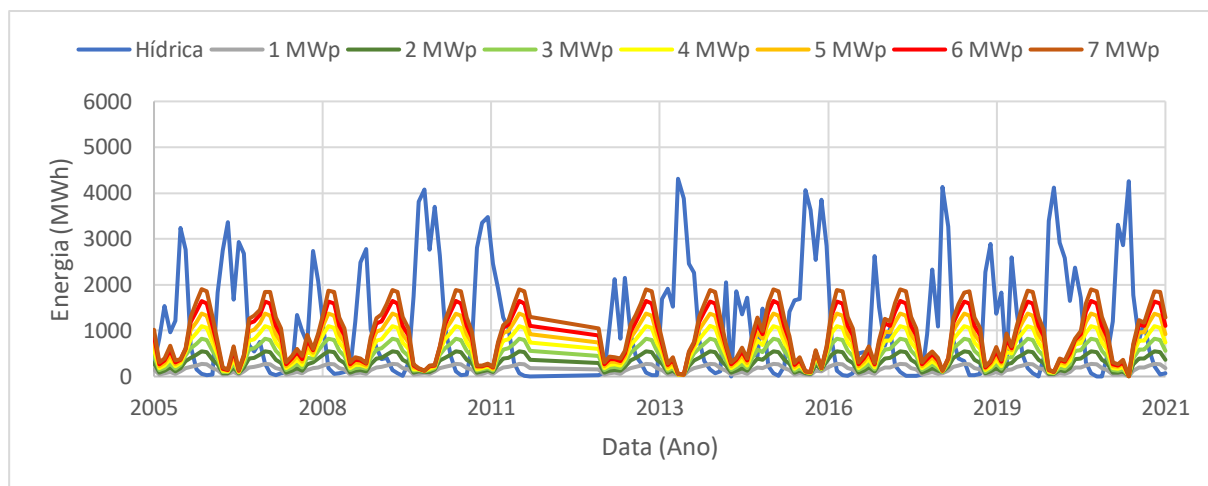
*Figura 37: Valores simulados da produção de energia em Covas do Barroso.*

Na *Figura 38* é ilustrada a produção cumulativa da energia calculada para o mesmo período. Este gráfico reproduz exatamente a disponibilidade energética total produzida na central hidroelétrica de Covas do Barroso em função da potência solar instalada. O contorno superior do gráfico descreve a capacidade de produção energética do conjunto das duas fontes renováveis quando a potência solar instalada é de 7 MWp. Estes valores estão registados nas *Tabelas 17, 18, 19, 20, e 21* em apêndice.



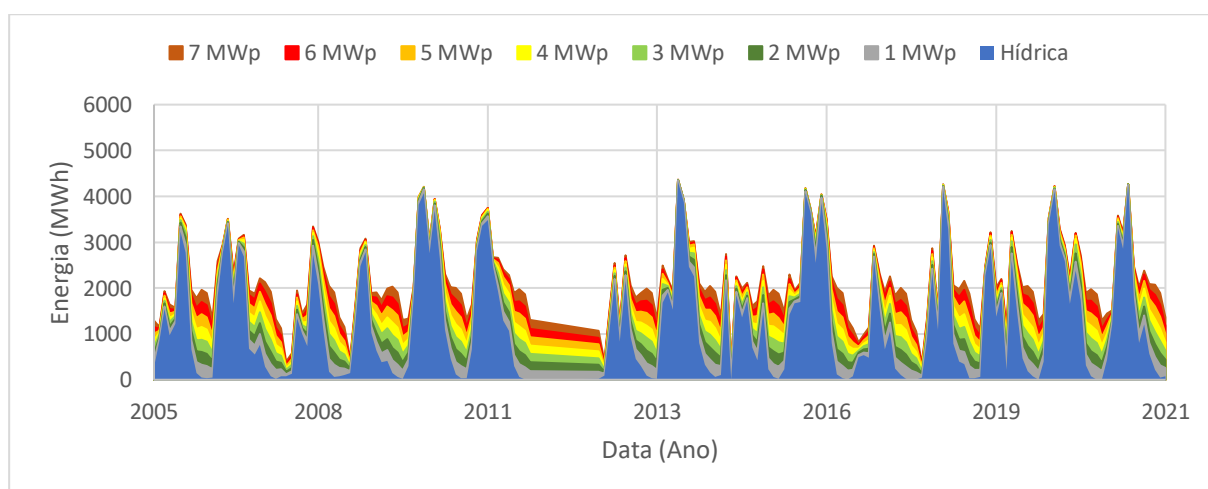
*Figura 38: Valores simulados da produção cumulativa de energia em Covas do Barroso.*

Na *Figura 39* são representados os valores reais da produção de energia hidroelétrica e a respetiva produção fotovoltaica entre 2005 e 2021 (com ausência do ano hidrológico de 2011/2012). Com este período de tempo mais reduzido, esta representação gráfica torna ainda mais evidente a complementaridade entre as duas fontes energéticas. Deste modo, verifica-se a escassez de energia fotovoltaica nos semestres hidrológicos húmidos e o seu manifesto nos semestres secos.



*Figura 39: Produção de energia hidroelétrica real e correspondente energia fotovoltaica em Covas do Barroso.*

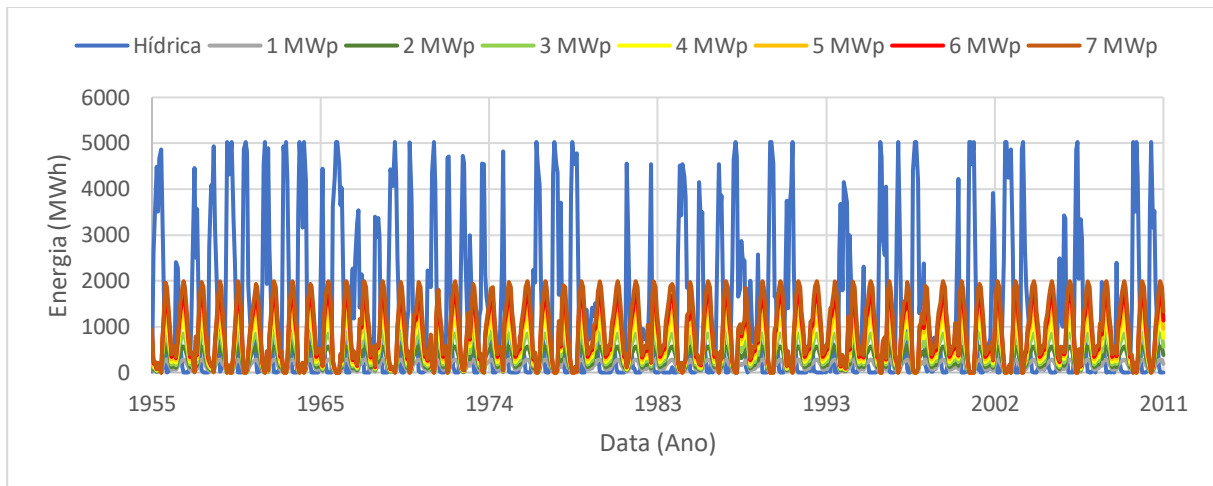
Na *Figura 40* é ilustrada a produção cumulativa da energia real para o mesmo intervalo de tempo. Este gráfico mostra a disponibilidade energética total produzida na central hidroelétrica de Covas do Barroso em função da potência solar instalada. Por exemplo, o contorno superior da curva laranja descreve a capacidade de produção elétrica do conjunto das duas fontes de energia quando a potência solar instalada é de 5 MWp. Estes valores estão sumarizados nas *Tabelas 26 e 27* em apêndice.



*Figura 40: Produção cumulativa em Covas do Barroso com base em valores de energia hidroelétrica real.*

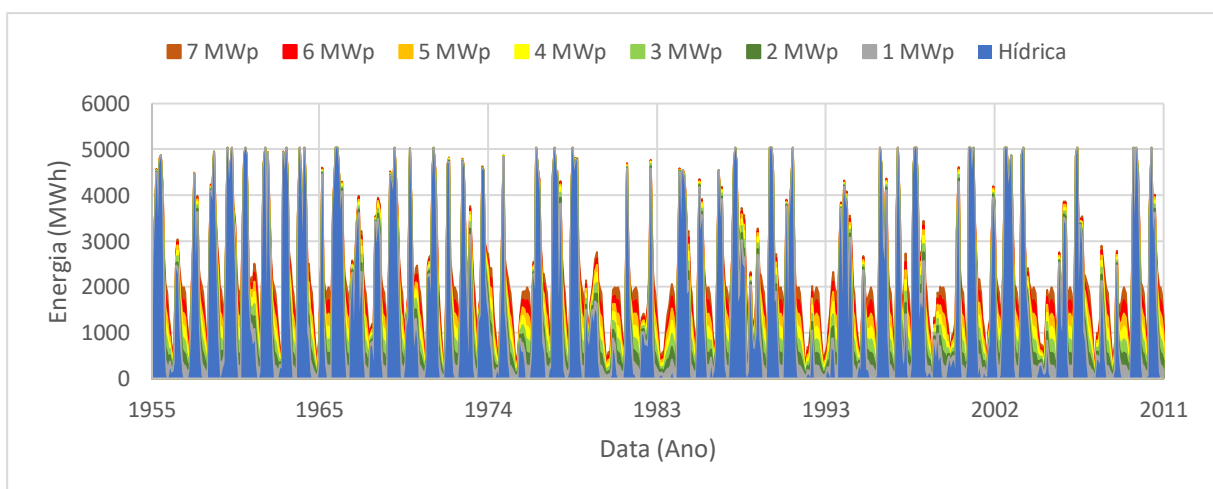
#### 4.1.3.3. Produção de energia híbrida em Pinhel

Na *Figura 41* são representados os valores calculados da produção de energia hidroelétrica e fotovoltaica entre 1955 e 2011. É possível observar que a produção de energia fotovoltaica surge nos períodos onde a produção de energia hidroelétrica é escassa e torna-se praticamente nula nos semestres hidrológicos húmidos.



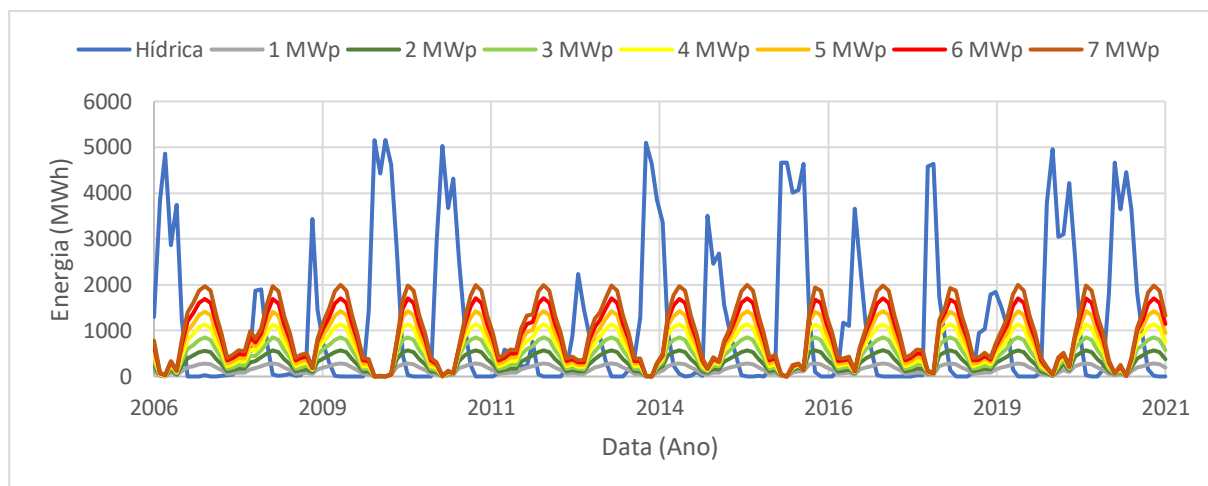
*Figura 41: Produção de energia hidroelétrica real e correspondente energia fotovoltaica em Pinhel.*

Na *Figura 42* é ilustrada a produção cumulativa da energia calculada para o mesmo período. Este gráfico reproduz a disponibilidade energética total produzida na central hidroelétrica de Pinhel em função da potência solar instalada. Por exemplo, o contorno superior da área verde descreve a capacidade de produção energética do conjunto das duas fontes quando a potência solar instalada é de 3 MWp. Estes valores estão registados nas *Tabelas 22, 23, 24, e 25* em apêndice.



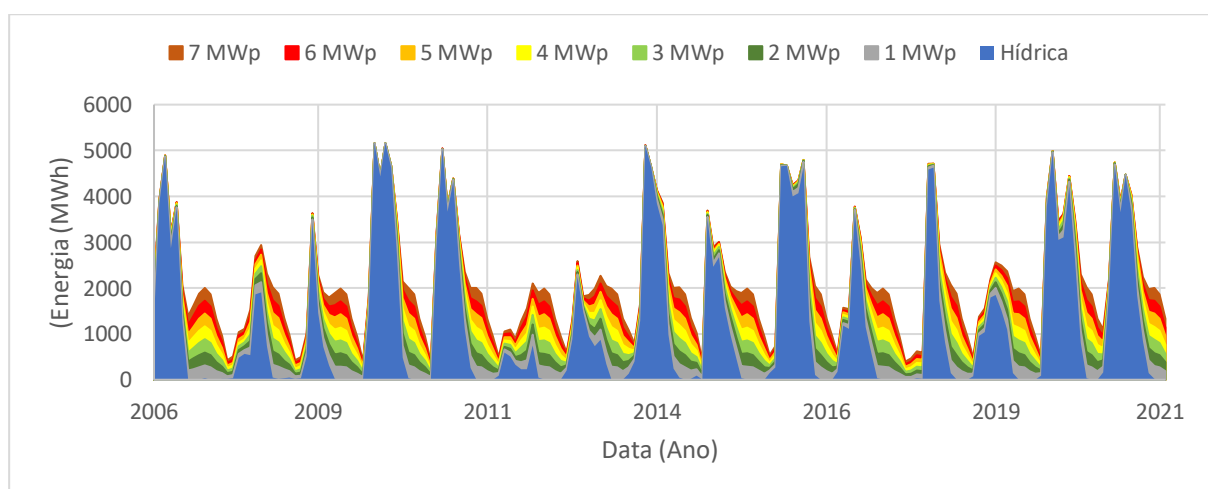
*Figura 42: Produção cumulativa em Pinhel com base em valores de energia hidroelétrica real.*

Na *Figura 43* são representados os valores reais da produção de energia hidroelétrica e fotovoltaica entre 2006 e 2021. Neste período de 15 anos, o gráfico volta a tornar evidente a excelente associação entre as duas fontes energéticas. Deste modo, verifica-se a escassez da produção de energia fotovoltaica nos períodos mais chuvosas e o seu surgimento entre os mesmos, e é novamente nesses períodos onde se distingue uma maior diferença entre as várias curvas das potências instaladas.



*Figura 43: Valores reais da produção de energia em Pinhel.*

Na *Figura 44* é ilustrada a produção cumulativa da energia real para o mesmo intervalo de tempo. Este gráfico mostra a disponibilidade energética total produzida na central hidroelétrica de Pinhel em função da potência solar instalada. O contorno superior da curva cinzenta, por exemplo, descreve a capacidade de produção elétrica do conjunto das duas fontes renováveis quando a potência solar instalada é de 1 MWp. Estes valores estão sumarizados nas *Tabelas 28 e 29* em apêndice.



*Figura 44: Valores reais da produção cumulativa de energia em Pinhel.*

#### 4.1.4. Indicadores económicos

##### 4.1.4.1. Taxas internas de rentabilidade em Covas do Barroso

Nas Figuras 45 e 46 estão representadas as TIR referentes a uma perspetiva pessimista da receita da energia fotovoltaica produzida no AHE de Covas do Barroso, e para um custo de instalação dos painéis fotovoltaicos no valor de 650 €/kWp e de 715 €/kWp. Todos estes valores podem ser consultados nas Tabela 30 e 31, em apêndice. Cada uma das linhas representa as TIR calculadas para 31 ciclos de 30 anos em função de uma certa potência instalada, tendo início o primeiro ciclo no ano hidrológico de 1957 e o último ciclo com início em 1987. Os círculos na margem direita do gráfico representam a TIR calculada para 1 ciclo de 30 anos, tendo por base 2 períodos de 15 anos repetidos com registos hidroelétricos reais entre 2005 e 2021 (com ausência do ano hidrológico de 2011/2012). Nos dois gráficos todos os módulos revelam alguns ciclos com TIR negativa, revelando ser um mau investimento.

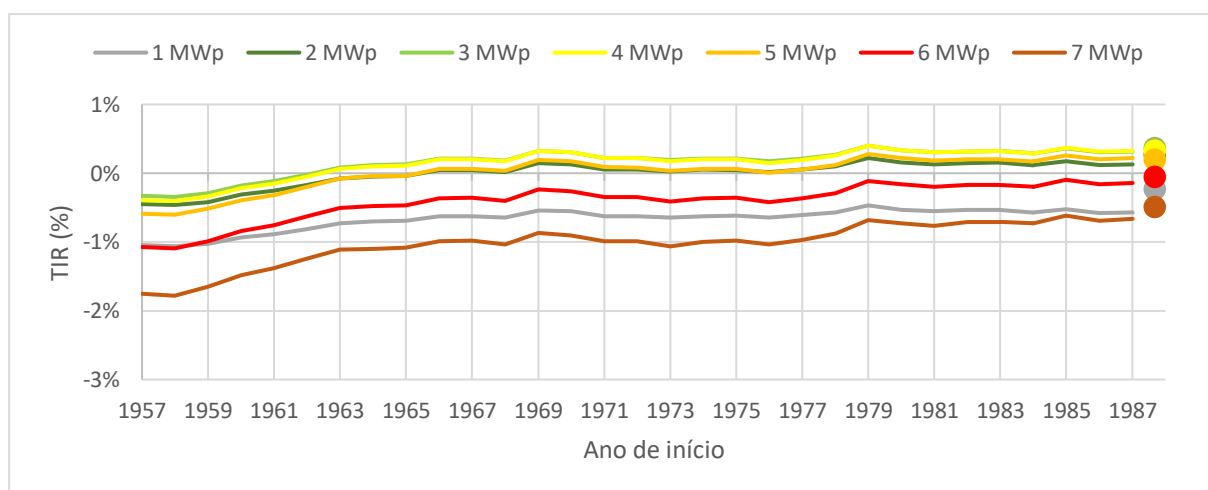


Figura 45: TIR para custo do equipamento de 650 €/kWp e preço da energia pessimista em Covas do Barroso.

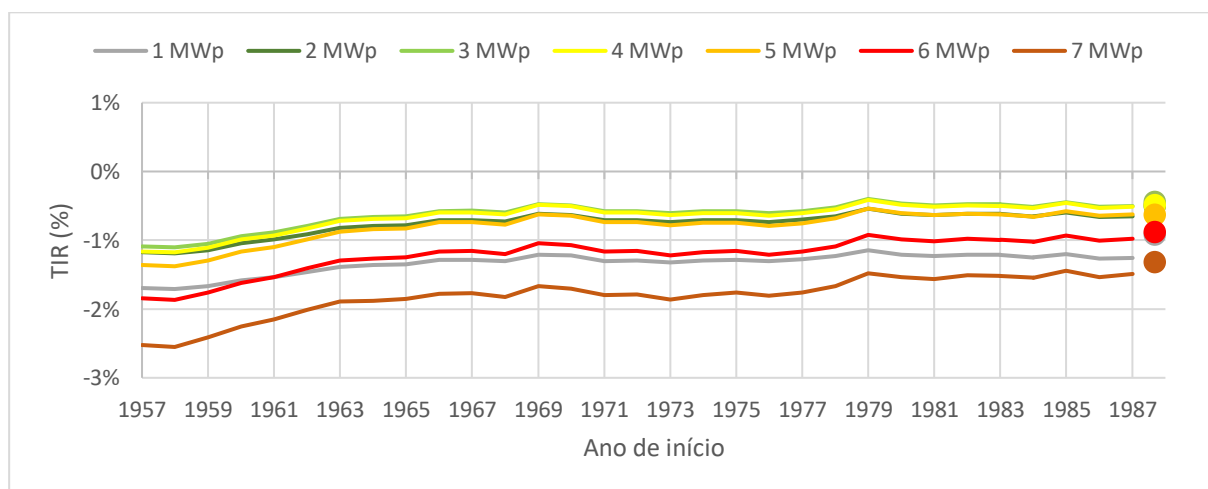


Figura 46: TIR para custo do equipamento de 715 €/kWp e preço da energia pessimista em Covas do Barroso.

Nas Figuras 47 e 48 estão representadas as TIR referentes a uma perspetiva intermédia da receita da energia fotovoltaica produzida, e para as mesmas duas alternativas de custo de instalação dos painéis fotovoltaicos. Todos estes valores são apresentados para consulta nas *Tabela 32* e *33*, em apêndice. Cada uma das linhas e círculos representados têm o mesmo significado descrito anteriormente. Assente numa taxa de atualização de 4 %, nestes gráficos a instalação dos módulos de 3 e 4 MWp revelam ser os únicos investimentos admissíveis em todos os ciclos analisados e relativos aos dois custos de equipamento, uma vez que as correspondentes TIR se apresentam sempre acima da referida taxa. Para estas condições, as piores opções registadas são os módulos de 1 e 7 MWp. Estas observações devem-se ao facto de, por um lado a instalação de 1 MWp não possibilitar a produção de energia necessária para justificar o investimento fixo inicial, e por outro a produção fotovoltaica associada à instalação de 7 MWp estar fortemente restringida devido à potência máxima de injeção na rede e à priorização da fonte hídrica. Nas duas imagens é possível observar uma tendência crescente no valor das TIR, sugerindo uma evolução natural para o investimento nesta fonte renovável<sup>41</sup>.

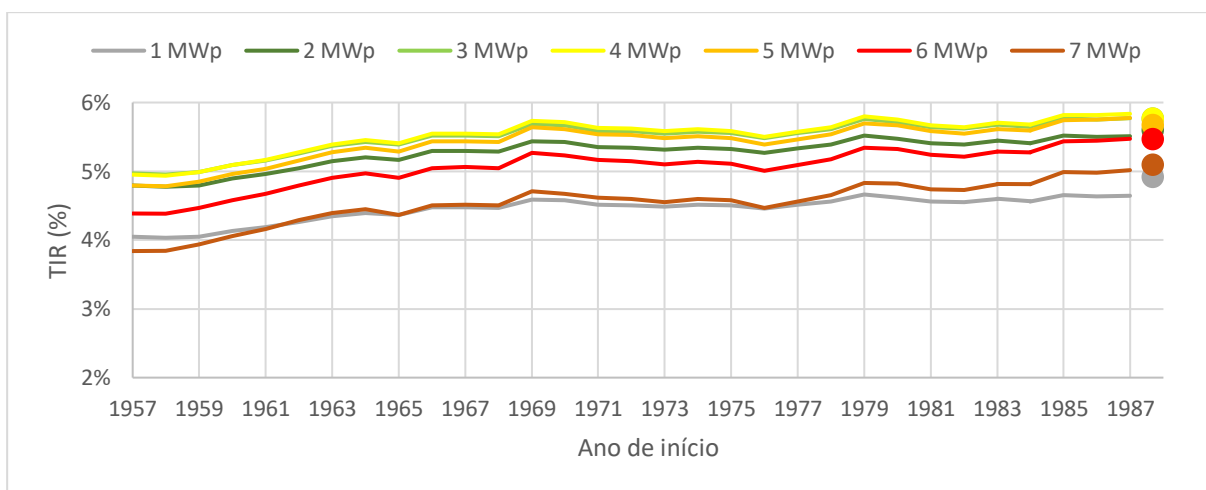


Figura 47: TIR para custo do equipamento de 650 €/kWp e preço da energia intermédio em Covas do Barroso.

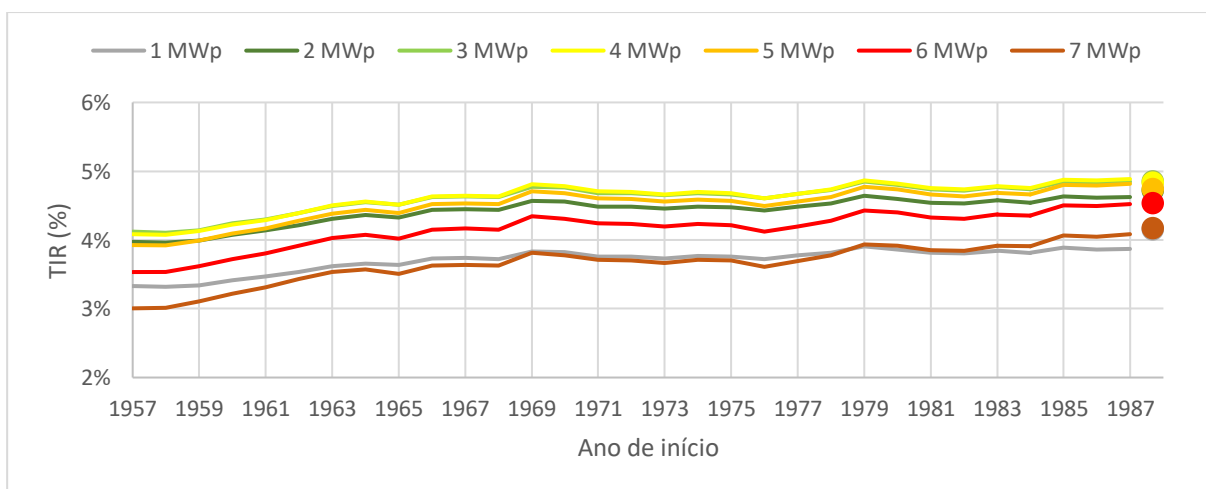
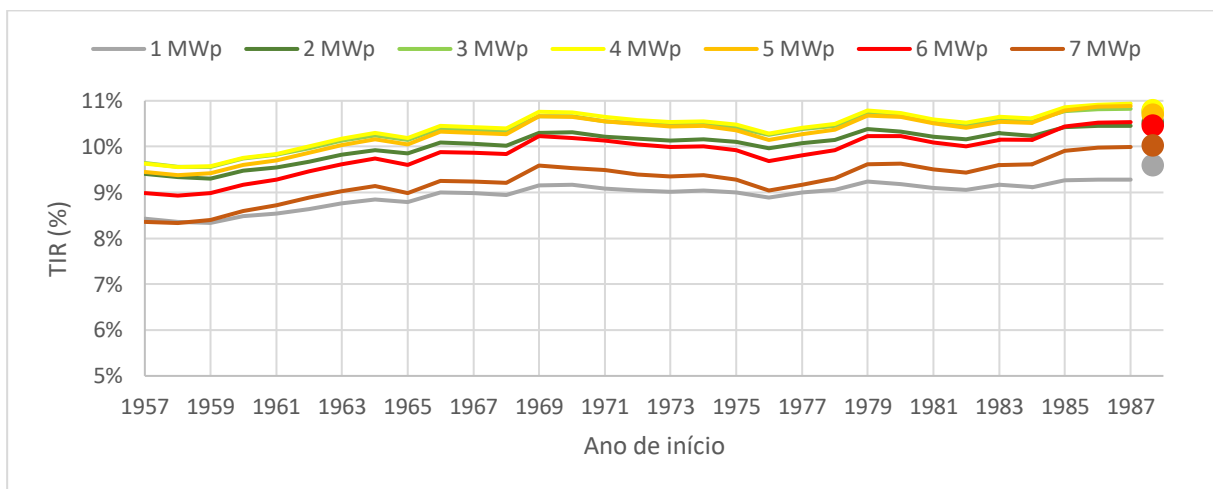


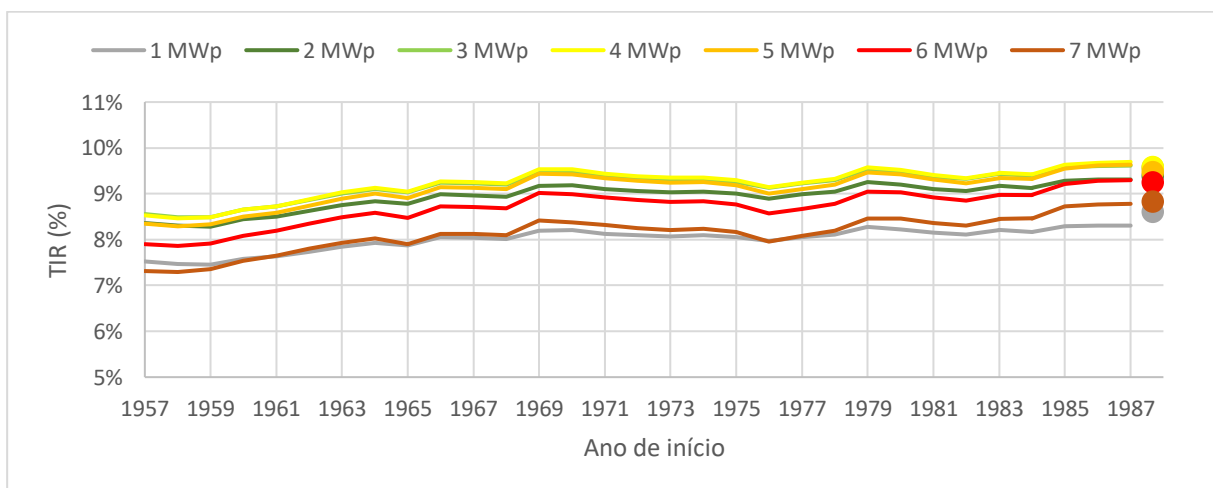
Figura 48: TIR para custo do equipamento de 715 €/kWp e preço da energia intermédio em Covas do Barroso.



Por fim, nas *Figuras 49 e 50* estão representadas as TIR referentes a uma perspectiva otimista da receita da energia produzida no empreendimento. Nas *Tabelas 34 e 35*, em apêndice, são apresentados todos os valores ilustrados graficamente. Para qualquer um dos gráficos, todas as alternativas revelam ser um bom investimento, uma vez que todas as linhas estão acima da taxa de atualização admitida (4 %). Para estas condições as melhores opções continuam assentes na instalação dos módulos de 3 e 4 MWp, e as piores opções nos módulos de 1 e 7 MWp. Novamente, nas duas imagens é possível observar uma tendência crescente no valor das TIR, incentivando a produção de energia fotovoltaica. Esta tendência pode ser justificada pela diminuição dos recursos hídricos superficiais ao longo do intervalo em estudo.



*Figura 49: TIR para custo do equipamento de 650 €/kWp e preço da energia otimista em Covas do Barroso.*



*Figura 50: TIR para custo do equipamento de 715 €/kWp e preço da energia otimista em Covas do Barroso.*

#### 4.1.4.2. Taxas internas de rentabilidade em Pinhel

Nas Figuras 51 e 52 estão representadas as TIR referentes a um valor pessimista praticado para a receita da energia fotovoltaica produzida no AHE de Pinhel, e para um custo de instalação dos painéis fotovoltaicos no valor de 650 €/kWp e de 715 €/kWp. Todos estes valores podem ser consultados nas Tabelas 36 e 37, em apêndice. Cada uma das linhas representa as TIR calculadas para 27 ciclos de 30 anos em função de uma certa potência instalada, tendo início o primeiro ciclo no ano hidrológico de 1955 e o último ciclo com início em 1981. Os círculos na margem direita do gráfico representam novamente a TIR calculada para 1 ciclo de 30 anos, tendo por base 2 períodos de 15 anos repetidos com registos hidroelétricos reais entre 2006 e 2021. Nas duas figuras todos os módulos compreendem a maioria dos seus ciclos na zona negativa do gráfico, revelando ser um mau investimento.

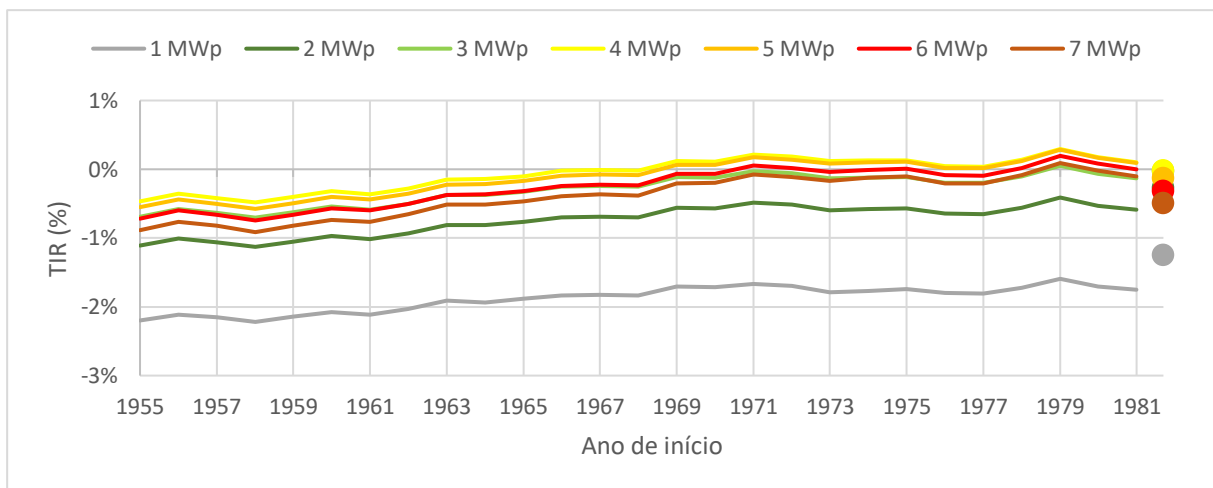


Figura 51: TIR para custo do equipamento de 650 €/kWp e preço da energia pessimista em Pinhel.

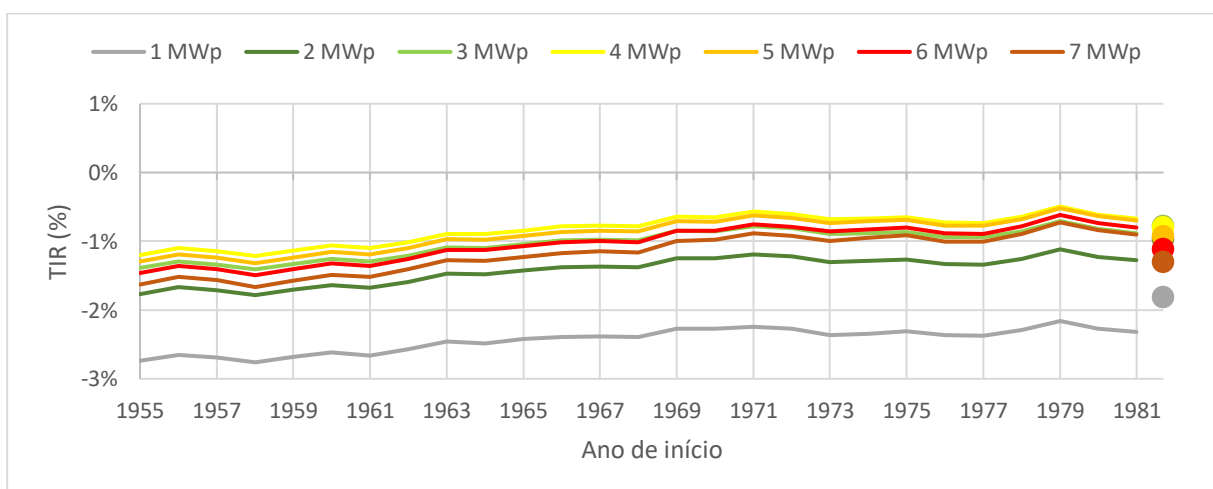


Figura 52: TIR para custo do equipamento de 715 €/kWp e preço da energia pessimista em Pinhel.

Nas Figuras 53 e 54 estão representadas as TIR referentes a um valor intermédio praticado para a receita da energia fotovoltaica produzida, e para as mesmas duas opções de custo de instalação dos painéis fotovoltaicos. Todos estes valores são apresentados para consulta nas Tabelas 38 e 39, em apêndice. Cada uma das linhas e círculos representados têm o mesmo significado anteriormente descrito. Para qualquer um dos gráficos, os módulos de 4 e 5 MWp revelam ser a melhor alternativa e os módulos de 1 e 2 MWp a pior. Não obstante, e como seria expectável, essas opções constata-se mais sólidas quando o custo do equipamento é de 650 €/kWp, contendo todos os seus ciclos acima de 4 %, fenómeno que não ocorre quando o custo do módulo fotovoltaico sobre para 715 €/kWp. Nas duas imagens é possível observar novamente a tendência natural para a evolução desta fonte de energia<sup>41</sup>.

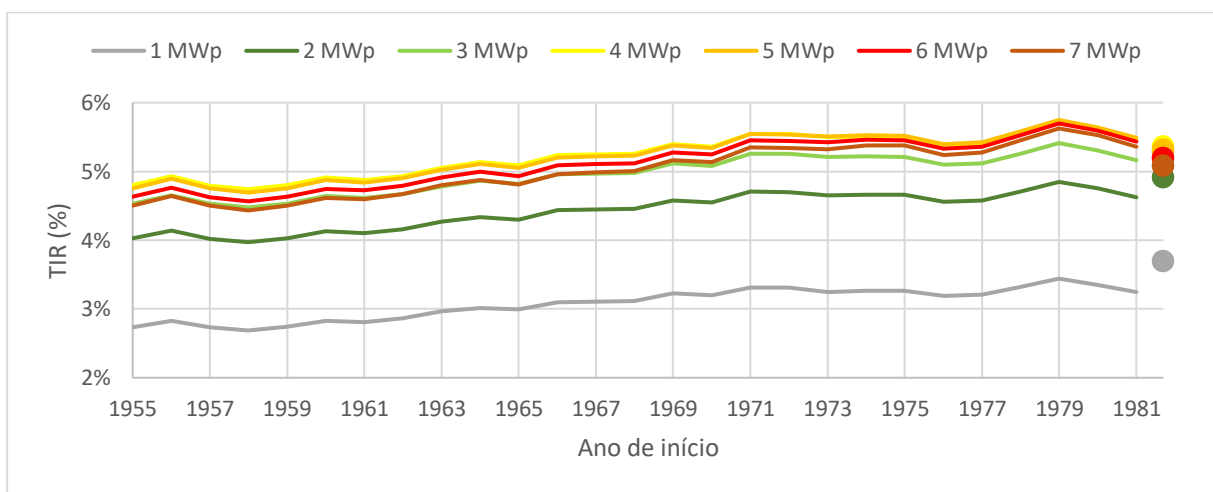


Figura 53: TIR para custo do equipamento de 650 €/kWp e preço da energia intermédio em Pinhel.

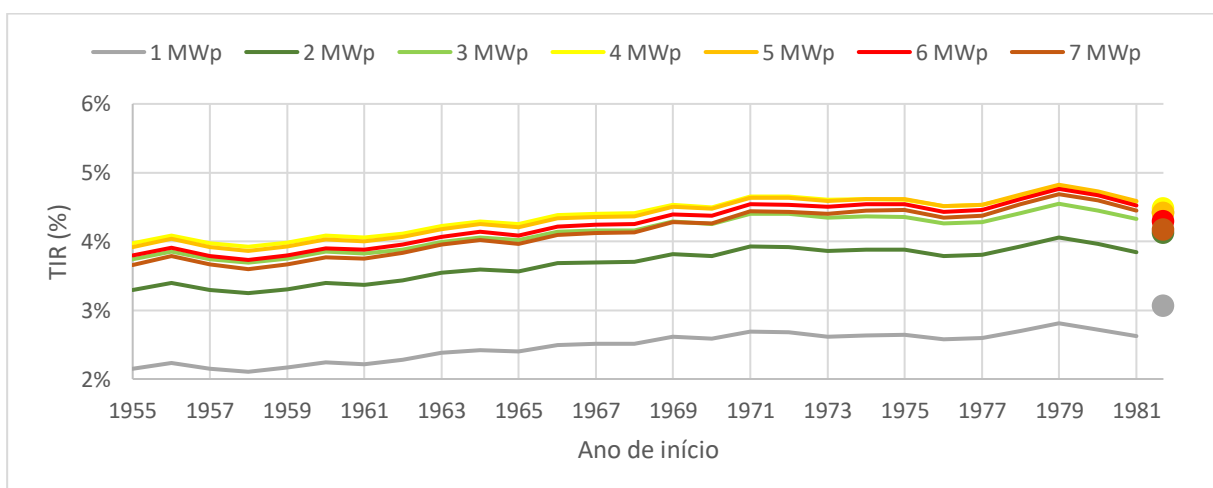
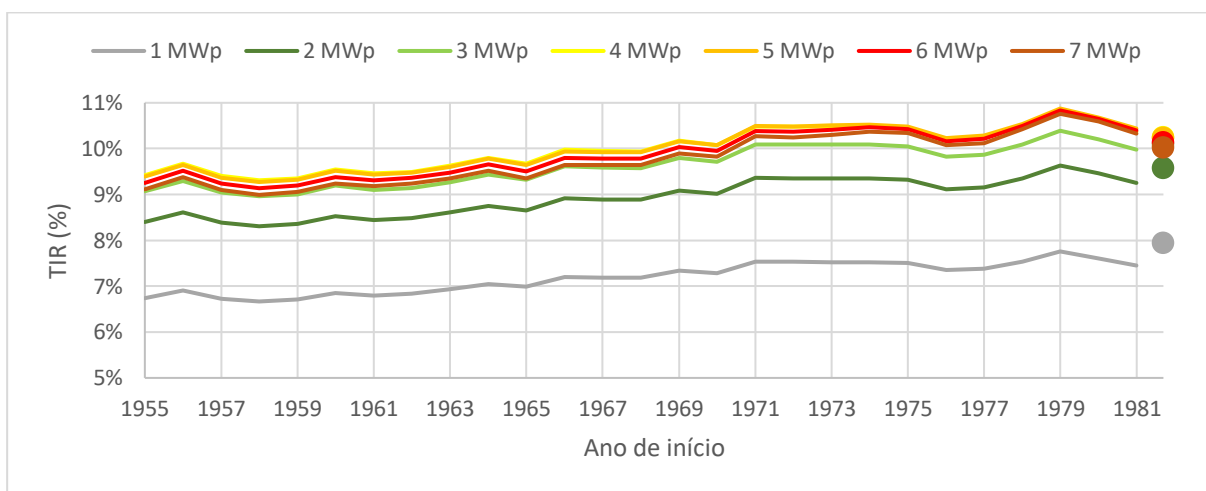
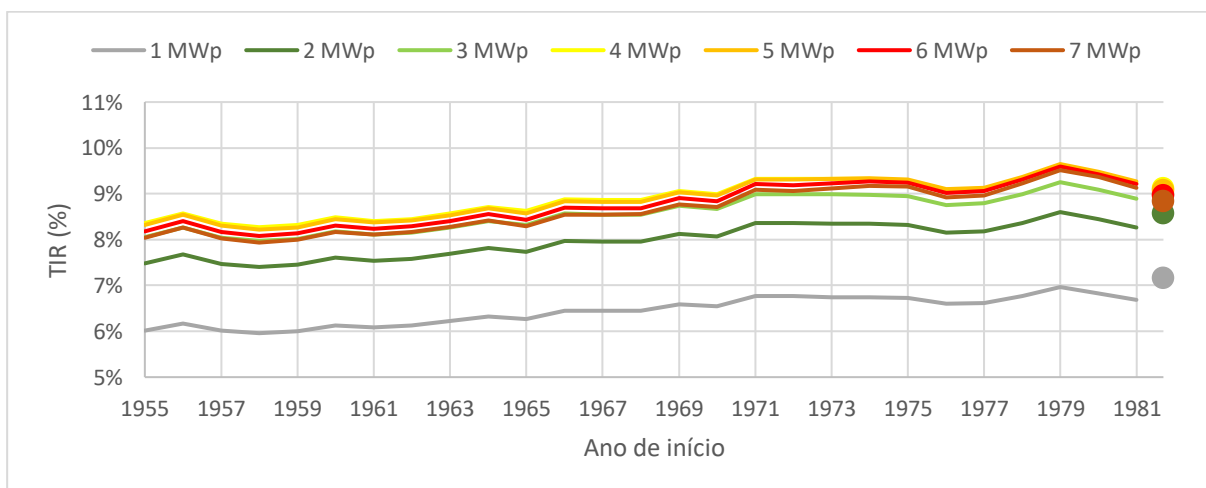


Figura 54: TIR para custo do equipamento de 715 €/kWp e preço da energia intermédio em Pinhel.

Por fim, nas *Figuras 55 e 56* estão representadas as TIR referentes a um valor otimista praticado para a receita da energia produzida na central. Nas *Tabelas 40 e 41*, em apêndice, são apresentados todos os valores ilustrados graficamente. Em semelhança ao cenário presenciado em Covas do Barroso para este panorama de receita, e admitindo novamente uma taxa de atualização de 4 %, todos os módulos revelam ser um bom investimento em ambos os gráficos. Para estas condições, as melhores opções continuam a ser definidas pelos módulos de 4 e 5 MWp e as piores opções pelos módulos de 1 e de 7 MWp. Mais uma vez, e como se pôde verificar em todas as figuras apresentadas neste item, volta a manifestar-se a tendência crescente da TIR na evolução do gráfico, recompensando o investimento na produção de energia fotovoltaica.



*Figura 55: TIR para custo do equipamento de 650 €/kWp e preço da energia otimista em Pinhel.*



*Figura 56: TIR para custo do equipamento de 715 €/kWp e preço da energia otimista em Pinhel.*

## 4.2. Síntese

Neste item é feita a sintetização e sumariação dos resultados anteriormente apresentados. Nas *Figuras 57 e 58* estão representadas as TIR máximas registadas nas centrais hidroelétricas de Covas do Barroso e Pinhel, respetivamente. Naturalmente, para cada central verificou-se que as TIR baseadas numa receita de energia pessimista foram as que registaram valores mais baixos. Por outro lado, a receita otimista proporcionou os registos de TIR mais elevadas. Dentro de uma determinada receita fixa, o aumento do custo do equipamento revelou-se determinante para a diminuição da taxa interna de rentabilidade. Verifica-se que apenas um enquadramento pessimista para a receita obtida através da produção elétrica teria como desfecho a inviabilidade do projeto, obtendo as melhores TIR entre -2 % e 1 % em ambos os AHE. Os valores mais altos registados nos dois empreendimentos estabeleceram-se em aproximadamente 11 %. Conclui-se assim que, tendo por base as receitas intermédias ou otimistas, o projeto é viável. A solução ótima para o aproveitamento hidroelétrico de Covas do Barroso assenta na instalação entre 3 ou 4 MWp. Na central hidroelétrica de Pinhel, o melhor investimento é determinado pela instalação entre 4 e 5 MWp.

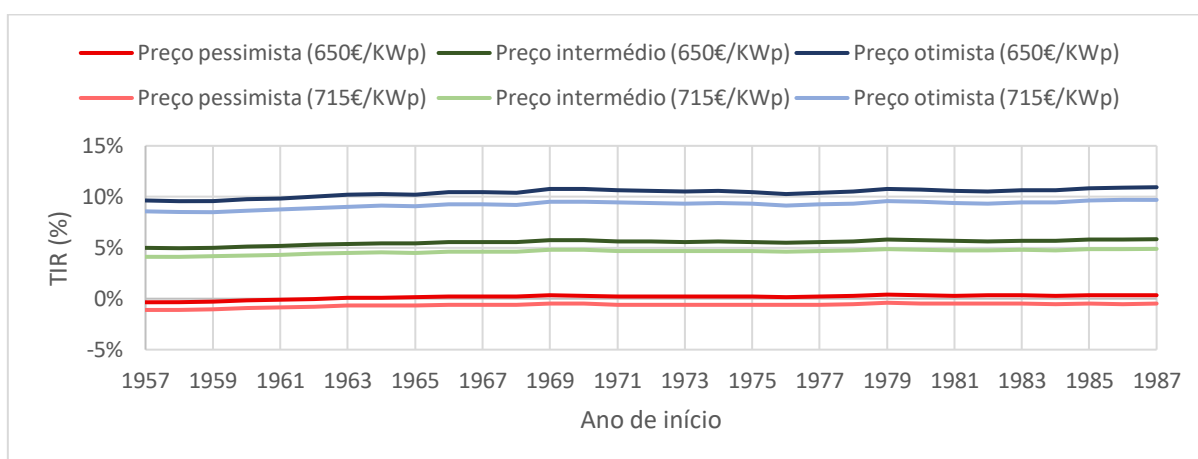


Figura 57: TIR máximas registadas no aproveitamento hidroelétrico de Covas do Barroso.

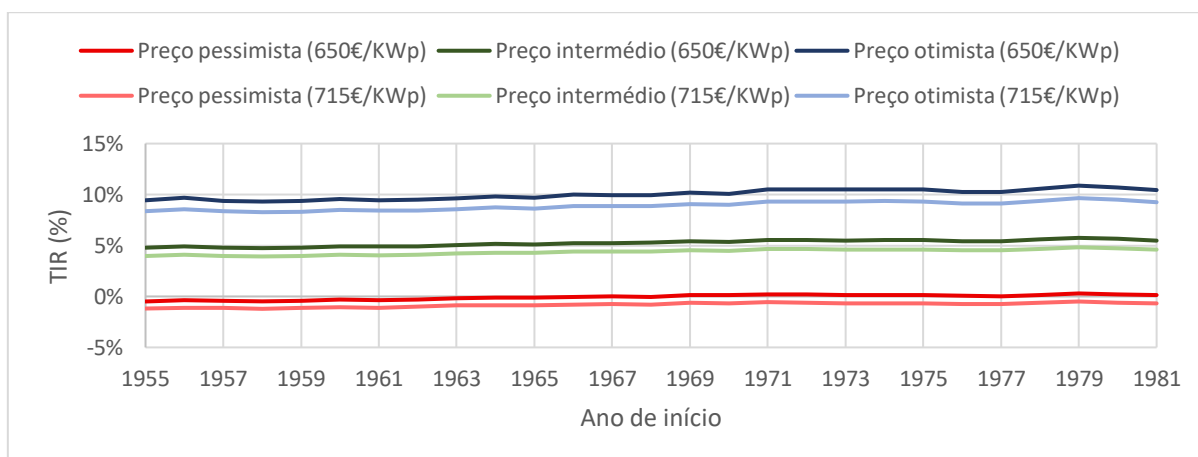


Figura 58: TIR máximas registadas no aproveitamento hidroelétrico de Pinhel.



## 5. Conclusões

### 5.1. Objetivos e resultados

Este projeto teve como principal objetivo a análise tecnológica e económica da hibridização das fontes de energia hídrica e solar nos AHE de Covas do Barroso e Pinhel. Devido à inexistência de séries longas de registos reais da produção de energia hidroelétrica nos aproveitamentos, procurou-se reproduzir o funcionamento dos mesmos em intervalos de tempo mais extensos, simulando assim a sua produção energética. No AHE de Covas do Barroso, a energia hidroelétrica anual média simulada teve um erro de 8% relativamente ao valor real da energia anual média produzida pela central no mesmo período, enquanto em Pinhel esse erro foi de 1%. A correlação entre os registos anuais de produções real e simulada foi bastante elevada, designadamente, 0.997 para o AHE de Covas do Barroso e 0.979 para o de Pinhel.

Através da análise dos valores simulados de energia hidroelétrica, estimou-se a produção de energia fotovoltaica para diferentes valores de potência instalada no parque solar, entre 1 e 7 MWp. Como era espectável, com o aumento da potência fotovoltaica, verificou-se o aumento da energia elétrica produzida proveniente dessa fonte, embora numa proporção inferior ao aumento daquela potência. Ao selecionar alguns anos chave, foi possível constatar a baixa produção de energia hidroelétrica em anos secos, permitindo tirar proveito de quase toda a capacidade de produção de energia fotovoltaica. Em anos médios existiram períodos húmidos em que a produção de energia hidroelétrica atingiu a potência máxima contratada, tendo como resultado a ocorrência de períodos de desaproveitamento da energia fotovoltaica disponível. Em anos húmidos, em grande parte do tempo a produção hídrica funcionou à plena carga em ambos os aproveitamentos hidroelétricos. Nestes anos, o tempo durante o qual não houve produção de energia fotovoltaica foi muito substancial e afetou consideravelmente o seu desempenho global. Não obstante, foi possível constatar a complementaridade entre as duas fontes de produção de eletricidade na maioria dos períodos analisados, com uma componente hídrica forte nos períodos húmidos e uma componente solar muito importante nos períodos secos.

Na análise económica procedeu-se à determinação da taxa interna de rentabilidade de amostras sequenciais, cada com duração de 30 anos, resultantes da subdivisão do período total de registos da produção fotovoltaica em ciclos menores. Foi possível observar uma tendência crescente no valor das TIR ao longo do tempo, sugerindo uma evolução natural para o investimento nessa fonte renovável. Admite-se que tal tendência possa estar relacionada com uma diminuição dos recursos hídricos superficiais, facto, contudo, que não foi aprofundado. Para cada central verificou-se que as TIR relativas a um valor da receita de energia na ótica pessimista foram as que registaram valores mais baixos, e as TIR baseadas em valores otimistas registaram as TIR mais elevadas. Concluiu-se que apenas uma previsão pessimista da receita proveniente da venda de energia elétrica teria como desfecho a inviabilidade económica do projeto. Os piores resultados recaíram maioritariamente sobre os valores extremos das potências analisadas, entre as alternativas de 1 e 7 MWp. Finalmente, a solução ótima para o AHE de Covas do Barroso assenta na instalação entre 3 e 4 MWp, e para o AHE de Pinhel na instalação entre 4 e 5 MWp.

## 5.2. Limitações e melhorias

Uma das principais limitações com que a investigação se deparou adveio da falta de registos reais, em períodos mais extensos, da energia hidroelétrica efetivamente produzida. Com o domínio destes valores pormenorizados, os resultados da análise tecnológica e económica dos dois projetos de hibridização teriam sido definitivamente mais credíveis e rigorosos.

Na ausência dessa informação procedeu-se, como mencionado anteriormente, à simulação da produção hidroelétrica nas centrais dos dois casos de estudo. Neste contexto, outra limitação reconhecida foi a inexistência de registos dos caudais médios diários afluentes aos AHE o que, mais uma vez, teria contribuído para uma maior exatidão dos resultados produzidos pelo estudo levado a cabo.

As evidentes melhorias propostas com vista a suprimir as limitações anteriormente referidas são a constante monitorização do caudal afluente aos aproveitamentos hidroelétricos, bem como o registo contínuo da energia hidroelétrica produzida nas centrais, este último requisito já é concretizado atualmente tanto em Covas do Barroso como em Pinhel.

Por fim, o atual contexto político e socioeconómico à escala global aumenta consideravelmente a variabilidade dos parâmetros económicos assumidos durante o desenvolvimento do estudo, ampliando assim o risco inerente a qualquer investimento baseado em análises de rentabilidade económica de médio e longo prazo.

## 5.3. Desenvolvimentos futuros

Importa aqui registar que a investigação levada a cabo assumiu a disponibilidade de terrenos para instalação dos parques solares fotovoltaicos a acoplar aos dois casos de estudo o que, carece obviamente de confirmação uma vez que os requisitos topográficos (áreas planas) e de exposição solar (compatível com a orientação a sul dos painéis) inerentes à instalação daqueles parques são bastante limitativos. A tais requisitos adiciona-se a necessidade de identificar zonas adequadas nas proximidades das centrais hidroelétricas objeto de hibridização de modo a permitir a utilização dos equipamentos elétricos e das linhas de ligação à rede elétrica já existentes. A análise deste problema passa por reconhecimentos locais e pela observação cuidada da topografia, desejavelmente, tendo por base levantamentos topográficos de pormenor, atividades a que não se procedeu por, de algum modo, extravasarem a informação de base de que se dispunha.

Para além da anterior análise, em projetos futuros seria interessante estender o desenvolvimento do tema objeto de investigação à exploração de outros centros eletroprodutores a operar no país, eventualmente com maior potência instalada e mesmo dispondo de maior capacidade de regularização, circunstâncias que se antevê potenciem a mais-valia económica da hibridização.

Por fim, e como mencionado anteriormente, a análise de rentabilidade económica realizada teve por base valores anuais constantes para a receita da produção de energia fotovoltaica. Seria pertinente realizar este mesmo estudo assente numa tarifa diária dinâmica da eletricidade gerada pelos aproveitamentos.



## Referências bibliográficas

- [1] Energia elétrica por hibridização: quando a união das energias renováveis faz a força. Disponível em: <https://www.iberdrola.com/inovacao/energia-hibrida>. (data da consulta: 19/08/2022)
- [2] Irena. (2012). “Hydropower”. *Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series*. Volume 1. 3ª edição.
- [3] Bonhomme, J.; Clark, R.; Davis, S.; Graham, S. (2004). *Micro-Hydropower Systems*.
- [4] Penche, C. (1998). *Layman’s Guidebook on how to develop a small hydro site*. 2ª edição. European Small Hydropower Association. 15-236.
- [5] Quintela, A. C. (2011). *Hidráulica*. 12ª Edição. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa, Portugal.
- [6] Leitão, A. E.; Portela, M. M.; Godinho, F. N. (2010). Produção de Energia em Pequenos Aproveitamentos Hidroelétricos em Portugal: Potencialidades e Constrangimentos ao seu Desenvolvimento. *Recursos Hídricos*. **31**: 39-56.
- [7] Sampaio, P. V.; González, M. A. (2017). Photovoltaic Solar Energy: Conceptual Framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. **74**: 590-601.
- [8] Almeida, E. et al. (2015). *Energia Solar Fotovoltaica: Revisão Bibliográfica*. Departamento de Engenharia Biomédica. Universidade FUMEC. Belo Horizonte, Brasil.
- [9] Brito, M. C.; Silva, J. A. (2006). Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em electricidade. *O instalador*. Lisboa, Portugal. **1** (1): 7 pp.
- [10] Parque Solar La Pimienta: Operación y Mantenimiento. Disponível em: <https://www.proyectolapimienta.com/proyecto-la-pimienta/operacion-mantenimiento>. (data da consulta: 20/08/2022)
- [11] Castro, R. (2002). *Energias Renováveis e Produção Descentralizada: Introdução à Energia Fotovoltaica*. Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Instituto Superior Técnico. Lisboa, Portugal.
- [12] Freire, L. (2015). Energias Renováveis Complementares: Benefícios e Desafios. *Cadernos FGV Energia*.
- [13] Bhandari, B.; Lee, K.; Lee, G.; Cho, Y.; Ahn, S. (2015). Optimization of Hybrid Renewable Energy Power Systems: A Review. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*. **2**: 99-112.
- [14] Pegoreti, T. C.; Costa, A. C.; Francato, A. L.; Coiado, L. C.; Pinheiro, V. C. N. (2017). *Os Conceitos de Virtualização e Hibridização de Usinas de Geração de Energia Elétrica*.
- [15] Produção de Energia Elétrica por Hibridização. Disponível em: <http://noctula.pt/producao-de-energia-eletrica-por-hibridizacao>. (data da consulta: 19/08/2022)
- [16] Kamil, K. R.; Yusuf, A. O.; Yakubu, S. A.; Seriki, S. B. (2021). Renewable Energy Resources Hybridization as an Efficient and Cost-Effective Alternative for Electrification. *Nigerian Journal of Technological Development*. **18**: 174-183.
- [17] Portela, M. M.; Quintela, A. C. (2005). *Regionalization of hydrologic information: establishment of flow series at ungauged watersheds*. Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura. Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Instituto Superior Técnico. Lisboa, Portugal.

- [18] Portela, M. M. (2014). *Da Regionalização de Informação Hidrométrica ao Dimensionamento de Albufeiras de Regularização e à análise de Incertezas*. Lição correspondente ao Sumário a que se refere a alínea c) do Artigo 5º do Decreto-Lei n.º 239/2007, de 19 de junho. Unidade curricular Modelação e Planeamento de Recursos Hídricos, Mestrado em Engenharia Civil, 54 pp., IST, Lisboa.
- [19] Quintela, A. C. (1967). *Recursos de águas superficiais em Portugal Continental*. Tese de Doutoramento, Instituto Superior Técnico. Lisboa, Portugal.
- [20] Martins, M. G. (2014). Coeficiente de correlação amostral. *Revista de Ciência Elementar*. Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. **2** (2): 34-36.
- [21] Asuero, A. G.; Sayago, A.; González, A. G. (2006). The Correlation Coefficient: An Overview. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. **36** (2): 41-59.
- [22] Correlation. Disponível em: <https://br.ixl.com/matematica/lessons/correlation>. (data da consulta: 21/08/2022)
- [23] Kuiper, E. (1965). "Economic Analysis". *Water Resources Development: Planning, Engineering and Economics*. 1ª edição. Springer Science+Business Media, LLC. Nova Iorque, EUA. 405-436.
- [24] Ramos, H.; Almeida, A. B.; Portela, M. M.; Almeida, H. P. (1999). "Economic Analysis". *Guidelines for Design of Small Hydropower Plants*. 167-189.
- [25] Portela, M. M. (1988). *Análise da Rentabilidade Económica de uma PCH*.
- [26] Reis, M. M. (2017). *Análise de Séries Temporais*. Departamento de Informática e Estatística. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Brasil.
- [27] Campos, M. D.; Filho, L. S. (2021). O uso da média móvel como indicador de tendência: do mercado financeiro ao acompanhamento dos casos de covid-19. *Negócios em Projeção*. **12** (2): 73-81.
- [28] Silva, R. G. et al. (2018). Application of a demand forecasting model in a rental company of billiard tables. *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications*. **4** (15): 53-58.
- [29] Guarnieri, O. C.; Panhoca, L. (2006). Eficácia da média móvel na tomada de decisão em investimentos. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*. **2** (1): 101-118.
- [30] Dados técnicos. (1996). *Aproveitamento hidroelétrico de Covas do Barroso*. Harpenerg – Gestão e Projetos Energéticos, Boticas.
- [31] Dados técnicos. (2004). *Aproveitamento hidroelétrico de Pinhel*. Harpenerg – Gestão e Projetos Energéticos, Pinhel.
- [32] Beluco, A.; Souza, P. K.; Krenzinger, A. (2003). A Complementariedade no Tempo entre as Energia Hidrelétrica e Fotovoltaica. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. **8** (1): 99-109.
- [33] Caudal médio diário. (2017). Estação hidrométrica de Vale Giestoso (R.E.) (03K/01H). Dados de monitorização da rede hidrométrica. Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH). Amadora, Portugal.
- [34] Caudal médio diário. (2011). Estação hidrométrica de Cidadelhe (R.E.) (08O/02H). Dados de monitorização da rede hidrométrica. Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos (SNIRH). Amadora, Portugal.

- [35] Veríssimo, P. et al. (2020). Area and LCOE consideration in utility-scale, single-axis tracking PV power plant topology optimization. *Solar Energy*. **211**: 433-445.
- [36] Rebelo, S. et al. (2007). *Métodos de Avaliação da Decisão de Investimento: A Realidade Empresarial do Algarve*. ESGHT, Universidade do Algarve. Faro, Portugal.
- [37] Costa, R. (2021). *Estimativa preliminar de produção de energia para a Central FV Vila Covas do Barroso*. Megajoule. São Mamede de Infesta.
- [38] Costa, R. (2021). *Estimativa preliminar de produção de energia para a Central FV Pinhel*. Megajoule, São Mamede de Infesta.
- [39] Suntech Ultra V Series: 144 Half-Cell Monofacial Module 530-550W (2021). Suntech Power Holdings Co., Ltd. Xinwu District, China.
- [40] Solar PV: Capture price per unit of resource available – high, central & low. (2021). Hidroerg - Projetos Energéticos Lda, Lisboa.
- [41] Joyce, A.; Leão, T. (2019). O fotovoltaico em Portugal: recente evolução. *Renováveis Magazine*. **39**: 24-26.



## Apêndices

Tabela 7: Energia hidroelétrica mensal real e simulada no AHE de Covas do Barroso entre março de 1999 e dezembro de 2006.

Período		Energia hídrica real (MWh)	Energia hídrica calculada (MWh)	Período		Energia hídrica real (MWh)	Energia hídrica calculada (MWh)
1999	Março	1505.1	812.3	2003	Janeiro	4183.9	4431.4
	Abril	1731.9	1032.5		Fevereiro	2163.1	2823.4
	Maio	2512.1	2355.7		Março	2572.3	2948.5
	Junho	539.8	849.8		Abril	2667.9	2968.5
	Julho	118.9	233.6		Maio	1534.6	1822.5
	Agosto	136.0	218.5		Junho	259.2	920.3
	Setembro	1039.1	492.2		Julho	129.6	573.3
	Outubro	1791.8	1799.6		Agosto	27.4	148.8
	Novembro	2583.3	2207.3		Setembro	21.1	90.8
	Dezembro	2357.2	2377.2		Outubro	360.8	306.3
					Novembro	2206.3	1732.6
					Dezembro	3222.5	2519.0
2000	Janeiro	1970.7	1755.8	2004	Janeiro	2502.9	1897.5
	Fevereiro	984.0	839.8		Fevereiro	1719.7	1396.2
	Março	444.6	576.5		Março	1399.5	1413.3
	Abril	2309.3	2860.4		Abril	1366.1	1220.0
	Maio	2979.3	2826.7		Maio	636.9	778.8
	Junho	454.2	815.5		Junho	175.3	304.6
	Julho	170.4	514.7		Julho	42.5	81.6
	Agosto	47.9	148.1		Agosto	83.8	77.3
	Setembro	18.7	99.1		Setembro	183.9	75.0
	Outubro	92.9	155.2		Outubro	1126.2	1044.5
	Novembro	2609.7	1350.9		Novembro	1910.2	882.0
	Dezembro	3869.6	4454.6		Dezembro	844.8	791.0
2001	Janeiro	4499.1	4454.6	2005	Janeiro	483.8	473.0
	Fevereiro	3267.2	3662.9		Fevereiro	266.4	300.4
	Março	3971.1	4437.2		Março	784.3	535.6
	Abril	2596.6	2959.1		Abril	1206.4	910.6
	Maio	1957.6	1959.6		Maio	809.9	843.1
	Junho	380.0	758.2		Junho	160.9	266.2
	Julho	135.5	410.0		Julho	31.3	30.5
	Agosto	42.2	202.4		Agosto	8.9	0.0
	Setembro	27.9	132.7		Setembro	12.8	0.0
	Outubro	739.6	357.0		Outubro	282.1	159.8
	Novembro	355.1	276.0		Novembro	843.5	379.7
	Dezembro	184.7	180.9		Dezembro	1539.3	869.9
2002	Janeiro	1170.5	875.0	2006	Janeiro	970.6	608.1
	Fevereiro	1934.6	1344.1		Fevereiro	1213.8	728.5
	Março	2014.8	2070.6		Março	3234.6	2650.7
	Abril	1086.3	1286.0		Abril	2763.8	3110.6
	Maio	455.0	956.4		Maio	655.5	1289.6
	Junho	197.7	577.7		Junho	151.6	562.3
	Julho	43.0	180.6		Julho	51.7	112.7
	Agosto	14.5	95.3		Agosto	30.0	17.6
	Setembro	53.2	226.6		Setembro	41.9	25.0
	Outubro	1237.8	785.0		Outubro	1830.0	1478.0
	Novembro	2819.6	2653.3		Novembro	2791.8	2787.5
	Dezembro	3718.8	4046.9		Dezembro	3364.2	3902.2

Tabela 8: Energia hidroelétrica mensal real e simulada no AHE de Covas do Barroso entre janeiro 2007 e dezembro de 2014.

Período		Energia hídrica real (MWh)	Energia hídrica calculada (MWh)	Período		Energia hídrica real (MWh)	Energia hídrica calculada (MWh)
2007	Janeiro	1669.7	2161.8	2011	Janeiro	3477.0	4106.8
	Fevereiro	2935.2	3030.8		Fevereiro	2457.4	3069.1
	Março	2685.9	3129.4		Março	1912.2	2618.3
	Abril	681.8	1337.3		Abril	1287.9	1611.5
	Maio	544.9	1072.5		Maio	1064.4	1314.4
	Junho	758.5	720.1		Junho	293.7	358.8
	Julho	285.6	65.3		Julho	65.2	34.9
	Agosto	74.2	0.0		Agosto	8.9	0.0
	Setembro	24.4	12.0		Setembro	5.9	0.0
	Outubro	73.2	0.0		Outubro	199.7	169.8
	Novembro	78.6	5.8		Novembro	1962.5	1660.3
	Dezembro	126.8	88.3		Dezembro	1829.8	1291.4
2008	Janeiro	1339.6	1238.1	2012	Janeiro	882.2	936.5
	Fevereiro	998.0	845.7		Fevereiro	383.9	500.9
	Março	724.6	587.1		Março	238.5	283.4
	Abril	2739.3	2094.0		Abril	651.7	417.1
	Maio	2079.1	1779.5		Maio	2315.9	2063.0
	Junho	1095.3	1025.6		Junho	461.2	459.9
	Julho	175.9	125.2		Julho	139.3	36.9
	Agosto	63.0	0.0		Agosto	53.6	0.0
	Setembro	71.5	0.0		Setembro	51.2	0.0
	Outubro	100.0	0.0		Outubro	268.6	68.5
	Novembro	148.0	14.7		Novembro	1112.0	525.6
	Dezembro	1200.5	326.8		Dezembro	2583.3	1908.3
2009	Janeiro	2479.3	1586.5	2013	Janeiro	3480.3	3204.3
	Fevereiro	2784.5	3008.1		Fevereiro	2896.9	3149.8
	Março	1028.4	1565.6		Março	3687.4	4195.0
	Abril	631.2	1064.1		Abril	3300.4	3864.3
	Maio	380.5	541.0		Maio	952.5	1612.5
	Junho	408.1	284.8		Junho	293.4	601.1
	Julho	146.6	15.3		Julho	83.6	26.7
	Agosto	67.0	0.0		Agosto	31.3	0.0
	Setembro	14.3	0.0		Setembro	24.7	0.0
	Outubro	292.0	134.8		Outubro	1688.6	961.1
	Novembro	1745.7	1063.2		Novembro	1908.9	1142.2
	Dezembro	3818.2	3487.3		Dezembro	1535.0	1727.7
2010	Janeiro	4074.2	4454.6	2014	Janeiro	4312.6	4411.3
	Fevereiro	2759.3	3768.5		Fevereiro	3876.3	4020.0
	Março	3698.3	4423.4		Março	2456.7	2903.0
	Abril	2642.4	3575.6		Abril	2260.0	2609.0
	Maio	1095.8	1892.3		Maio	797.9	987.8
	Junho	453.1	969.9		Junho	338.6	289.1
	Julho	112.7	189.8		Julho	158.5	134.8
	Agosto	27.0	0.0		Agosto	64.4	23.2
	Setembro	37.7	78.1		Setembro	107.8	94.7
	Outubro	935.6	1005.2		Outubro	2049.0	1836.2
	Novembro	2807.5	2028.1		Novembro	3695.6	3498.1
	Dezembro	3351.2	3715.8		Dezembro	1854.2	2741.4

Tabela 9: Energia hidroelétrica mensal real e simulada no AHE de Covas do Barroso entre janeiro de 2015 e setembro de 2017.

Período		Energia hídrica real (MWh)	Energia hídrica calculada (MWh)
2015	Janeiro	1356.1	1867.0
	Fevereiro	1718.4	1650.5
	Março	697.6	847.9
	Abril	426.8	556.1
	Maio	1480.6	1007.5
	Junho	224.9	141.7
	Julho	64.5	8.4
	Agosto	15.5	0.0
	Setembro	229.4	30.4
	Outubro	1419.0	422.0
	Novembro	1663.1	854.6
	Dezembro	1694.2	1095.6
2016	Janeiro	4065.1	4243.5
	Fevereiro	3629.8	3761.3
	Março	2547.1	2963.0
	Abril	3858.4	4207.7
	Maio	2853.9	3850.4
	Junho	800.9	1426.3
	Julho	119.5	230.9
	Agosto	33.7	18.7
	Setembro	11.2	0.0
	Outubro	72.2	77.1
	Novembro	497.1	306.5
	Dezembro	531.4	268.8
2017	Janeiro	482.2	297.0
	Fevereiro	2628.0	2702.9
	Março	1514.4	1316.5
	Abril	664.4	706.9
	Maio	1047.8	878.9
	Junho	236.3	211.5
	Julho	100.1	35.0
	Agosto	12.4	0.0
	Setembro	10.4	0.0

Tabela 10: Energia hidroelétrica mensal real e simulada no AHE de Pinhel entre abril de 2004 e setembro de 2011.

Período		Energia hídrica real (MWh)	Energia hídrica calculada (MWh)	Período		Energia hídrica real (MWh)	Energia hídrica calculada (MWh)
2004	Abril	1016.78	876.65	2008	Janeiro	477.27	419.62
	Maio	602.11	355.86		Fevereiro	569.29	370.77
	Junho	68.36	15.55		Março	538.64	304.38
	Julho	0.00	0.00		Abril	1867.37	1972.49
	Agosto	0.00	0.00		Maio	1901.11	1108.13
	Setembro	0.00	0.00		Junho	734.14	430.92
	Outubro	0.00	121.11		Julho	47.58	0.00
	Novembro	98.77	274.44		Agosto	16.66	0.00
	Dezembro	418.86	277.73		Setembro	33.94	15.31
2005	Janeiro	301.33	110.13		Outubro	51.65	0.00
	Fevereiro	259.02	62.59		Novembro	20.34	15.99
	Março	442.69	144.70		Dezembro	28.57	0.00
	Abril	1402.97	633.42	2009	Janeiro	512.82	206.30
	Maio	434.16	105.30		Fevereiro	3437.27	2398.18
	Junho	13.62	0.00		Março	1453.15	573.87
	Julho	0.00	0.00		Abril	718.52	232.33
	Agosto	0.00	0.00		Maio	312.08	46.80
	Setembro	0.00	0.00		Junho	21.42	0.00
	Outubro	0.00	40.02		Julho	2.49	0.00
	Novembro	834.92	1083.04		Agosto	0.00	0.00
	Dezembro	3398.63	2492.66		Setembro	0.00	0.00
2006	Janeiro	2186.87	1180.58		Outubro	0.00	0.00
	Fevereiro	2237.83	999.74		Novembro	0.00	15.97
	Março	4256.52	3432.81		Dezembro	1434.08	1423.17
	Abril	3158.63	3358.74	2010	Janeiro	5152.89	5027.43
	Maio	739.96	402.19		Fevereiro	4428.50	3506.68
	Junho	67.07	0.00		Março	5157.71	5027.43
	Julho	0.00	0.00		Abril	4620.79	4266.65
	Agosto	0.00	0.00		Maio	2728.51	2307.80
	Setembro	0.00	0.00		Junho	482.21	280.17
	Outubro	1296.63	1460.87		Julho	26.66	0.00
	Novembro	3846.36	4865.25		Agosto	0.00	0.00
	Dezembro	4865.52	5027.43		Setembro	0.00	0.00
2007	Janeiro	2863.41	2050.66		Outubro	0.00	16.26
	Fevereiro	3743.46	3338.44		Novembro	0.00	67.34
	Março	1261.88	2928.77		Dezembro	2929.55	3453.19
	Abril	0.00	1029.75	2011	Janeiro	5032.12	5027.43
	Maio	0.00	787.25		Fevereiro	3666.21	3155.46
	Junho	0.00	303.04		Março	4316.70	3525.91
	Julho	29.53	15.76		Abril	2531.19	1810.59
	Agosto	0.00	0.00		Maio	1096.24	886.66
	Setembro	0.00	0.00		Junho	254.14	152.09
	Outubro	15.65	34.11		Julho	3.00	0.00
	Novembro	23.85	31.17		Agosto	4.97	0.00
	Dezembro	37.13	0.00		Setembro	0.00	0.00



*Tabela 11: Energia hidroelétrica anual real e simulada no AHE de Covas do Barroso entre 1999 e 2017.*

Período	Energia hídrica real (MWh)	Energia hídrica calculada (MWh)
1999	14315.3	12378.8
2000	15951.3	16397.2
2001	18156.5	19790.7
2002	14746.0	15097.6
2003	19348.8	21285.3
2004	11991.6	9961.8
2005	6429.7	4768.8
2006	17099.6	17272.7
2007	9938.9	11623.3
2008	10734.7	8036.9
2009	13795.9	12750.7
2010	21994.7	26101.4
2011	14564.6	16235.5
2012	9141.3	7200.2
2013	19882.9	20484.7
2014	21971.5	23548.4
2015	10990.0	8481.8
2016	19020.1	21354.2
2017	6695.9	6148.6

*Tabela 12: Energia hidroelétrica anual real e simulada no AHE de Pinhel entre 2004 e 2011.*

Período	Energia hídrica real (MWh)	Energia hídrica calculada (MWh)
2004	2204.88	1921.35
2005	7087.34	4671.86
2006	22655.39	20727.61
2007	7976.62	10518.96
2008	6286.56	4637.61
2009	7890.13	4896.62
2010	25526.84	23952.96
2011	16904.58	14558.15





Tabela 15: Energia solar bruta e energia solar por MWp para valores de energia hidroelétrica reais no AHE de Covas do Barroso entre os anos hidrológicos de 2005/2006 e 2020/2021 (com ausência de 2011/2012).

Ano	Hídrica (MWh)	Solar bruta							Solar por MWp						
		1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)	1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)
2005	11771.59	1875.84	3676.34	5417.95	7104.29	8731.51	10285.68	11716.88	1875.84	1838.17	1805.98	1776.07	1746.30	1714.28	1673.84
2006	17608.50	1849.59	3592.11	5305.15	6989.88	8633.19	10164.65	11388.38	1849.59	1796.06	1768.38	1747.47	1726.64	1694.11	1626.91
2007	9564.85	1894.20	3719.95	5489.99	7197.18	8828.23	10348.62	11691.21	1894.20	1859.97	1830.00	1799.29	1765.65	1724.77	1670.17
2008	9387.10	1895.87	3760.24	5615.31	7463.24	9294.00	11049.94	12571.56	1895.87	1880.12	1871.77	1865.81	1858.80	1841.66	1795.94
2009	20746.26	1847.95	3524.20	5125.39	6647.66	8095.10	9413.00	10558.36	1847.95	1762.10	1708.46	1661.92	1619.02	1568.83	1508.34
2010	17395.39	1897.70	3720.00	5511.23	7273.44	8945.01	10420.27	11680.64	1897.70	1860.00	1837.08	1818.36	1789.00	1736.71	1668.66
2012	8106.39	1872.78	3683.04	5475.03	7253.60	9002.20	10686.13	12280.94	1872.78	1841.52	1825.01	1813.40	1800.44	1781.02	1754.42
2013	19485.97	1797.76	3475.28	5105.41	6692.13	8208.22	9605.90	10812.82	1797.76	1737.64	1701.80	1673.03	1641.64	1600.98	1544.69
2014	10112.76	1871.33	3719.09	5547.60	7353.80	9122.65	10802.28	12256.57	1871.33	1859.55	1849.20	1838.45	1824.53	1800.38	1750.94
2015	22692.50	1714.07	3273.91	4750.68	6147.98	7448.05	8640.29	9695.21	1714.07	1636.96	1583.56	1537.00	1489.61	1440.05	1385.03
2016	7796.54	1906.41	3806.89	5697.93	7569.23	9402.34	11137.28	12664.32	1906.41	1903.44	1899.31	1892.31	1880.47	1856.21	1809.19
2017	13369.93	1779.54	3447.20	5098.26	6732.15	8322.16	9808.64	11097.02	1779.54	1723.60	1699.42	1683.04	1664.43	1634.77	1585.29
2018	13379.53	1850.70	3672.34	5477.97	7231.16	8900.70	10462.98	11834.95	1850.70	1836.17	1825.99	1807.79	1780.14	1743.83	1690.71
2019	19551.14	1777.91	3536.51	5266.05	6892.61	8396.93	9790.40	11062.71	1777.91	1768.26	1755.35	1723.15	1679.39	1631.73	1580.39
2020	16737.93	1782.58	3557.60	5320.95	7061.16	8751.63	10311.07	11581.55	1782.58	1778.80	1773.65	1765.29	1750.33	1718.51	1654.51
Média	14513.76	1840.95	3610.98	5346.99	7040.63	8672.13	10195.14	11526.21	1840.95	1805.49	1782.33	1760.16	1734.43	1699.19	1646.60

Tabela 16: Energia solar bruta e energia solar por MWp para valores de energia hidroelétrica reais no AHE de Pinhel entre os anos hidrológicos de 2006/2007 e 2020/2021.

Ano	Hídrica (MWh)	Solar bruta							Solar por MWp						
		1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)	1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)
2006	17906.79	1784.51	3560.46	5327.54	7078.80	8797.21	10503.96	12201.77	1784.51	1780.23	1775.85	1769.70	1759.44	1750.66	1743.11
2007	6262.62	2010.16	3909.86	5691.65	7433.88	9150.68	10835.71	12500.77	2010.16	1954.93	1897.22	1858.47	1830.14	1805.95	1785.82
2008	6558.32	1992.88	3970.22	5934.83	7801.03	9587.63	11327.82	13044.06	1992.88	1985.11	1978.28	1950.26	1917.53	1887.97	1863.44
2009	24031.35	1495.22	2933.35	4346.42	5733.64	7031.61	8241.48	9428.70	1495.22	1466.68	1448.81	1433.41	1406.32	1373.58	1346.96
2010	19834.11	1745.31	3413.80	5016.80	6522.60	7963.74	9354.87	10718.88	1745.31	1706.90	1672.27	1630.65	1592.75	1559.14	1531.27
2011	2749.55	2025.04	4048.74	6044.28	8010.93	9938.17	11849.82	13743.85	2025.04	2024.37	2014.76	2002.73	1987.63	1974.97	1963.41
2012	7686.16	1930.03	3843.27	5726.39	7552.41	9357.43	11146.99	12924.23	1930.03	1921.63	1908.80	1888.10	1871.49	1857.83	1846.32
2013	20071.47	1710.26	3361.48	4975.84	6570.94	8063.49	9438.84	10775.73	1710.26	1680.74	1658.61	1642.74	1612.70	1573.14	1539.39
2014	11794.64	1999.33	3981.89	5907.76	7695.94	9408.97	11040.28	12619.05	1999.33	1990.95	1969.25	1923.98	1881.79	1840.05	1802.72
2015	23826.83	1593.79	3025.46	4360.80	5643.66	6850.86	7977.62	9084.86	1593.79	1512.73	1453.60	1410.91	1370.17	1329.60	1297.84
2016	10352.55	1982.73	3920.95	5776.16	7530.98	9228.98	10850.20	12439.38	1982.73	1960.48	1925.39	1882.75	1845.80	1808.37	1777.05
2017	11969.89	1741.15	3442.47	5130.18	6804.59	8347.45	9710.03	11033.78	1741.15	1721.24	1710.06	1701.15	1669.49	1618.34	1576.25
2018	8449.43	2014.47	3948.28	5766.41	7536.97	9271.87	10967.49	12641.11	2014.47	1974.14	1922.14	1884.24	1854.37	1827.92	1805.87
2019	22636.76	1798.52	3476.99	5052.40	6514.44	7850.85	9119.39	10346.46	1798.52	1738.49	1684.13	1628.61	1570.17	1519.90	1478.07
2020	21244.62	1834.70	3615.61	5363.03	7073.55	8648.20	10098.84	11500.41	1834.70	1807.81	1787.68	1768.39	1729.64	1683.14	1642.92
Média	14358.34	1843.87	3630.19	5361.37	7033.62	8633.14	10164.22	11666.87	1843.87	1815.10	1787.12	1758.41	1726.63	1694.04	1666.70











Tabela 21: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica simulados no AHE de Covas do Barroso entre outubro de 2005 e setembro de 2017.

Mês	Hídrica (MWh)	Solar bruta							Mês	Hídrica (MWh)	Solar bruta						
		1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)			1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)
out - 2005	159.85	309.11	458.37	607.63	756.90	905.47	1050.81	1195.82	out - 2011	169.83	319.09	468.36	617.62	766.88	916.15	1065.41	1214.34
nov - 2005	379.65	424.44	469.23	514.02	558.81	603.60	648.38	693.17	nov - 2011	1660.35	1705.14	1749.92	1794.71	1839.43	1882.76	1925.19	1966.38
dez - 2005	869.87	934.64	999.41	1062.48	1123.73	1184.98	1246.11	1306.83	dez - 2011	1291.43	1356.20	1420.97	1485.74	1550.51	1615.28	1680.05	1742.99
jan - 2006	608.05	703.13	798.20	893.28	988.35	1083.43	1178.50	1273.58	jan - 2012	936.54	1031.62	1126.69	1221.77	1316.84	1411.92	1506.99	1602.07
fev - 2006	728.52	789.22	849.92	910.62	969.91	1025.24	1080.09	1132.58	fev - 2012	500.89	564.65	628.40	692.16	755.92	819.68	883.44	945.41
mar - 2006	2650.73	2760.84	2860.21	2951.92	3029.63	3101.73	3159.35	3195.85	mar - 2012	283.40	418.33	553.27	688.20	823.14	958.07	1091.97	1212.90
abr - 2006	3110.57	3268.68	3402.13	3497.50	3545.63	3571.87	3590.76	3606.13	abr - 2012	417.14	612.63	808.11	1003.60	1199.08	1394.56	1569.81	1712.63
mai - 2006	1289.55	1493.02	1696.49	1899.95	2103.42	2276.11	2380.86	2449.90	mai - 2012	2062.99	2227.81	2386.81	2528.88	2661.60	2772.37	2846.41	2900.84
jun - 2006	562.26	800.05	1037.83	1275.61	1513.39	1751.15	1940.88	2079.72	jun - 2012	459.90	697.68	935.46	1173.25	1411.03	1648.72	1850.20	2012.05
jul - 2006	112.67	387.17	661.67	936.17	1210.68	1485.18	1748.83	1998.13	jul - 2012	36.94	311.45	585.95	860.45	1134.95	1409.45	1680.72	1945.72
ago - 2006	17.60	283.34	549.08	814.82	1080.56	1346.29	1611.14	1873.61	ago - 2012	0.00	265.74	531.48	797.21	1062.95	1328.69	1594.43	1859.72
set - 2006	25.03	209.82	394.61	579.40	764.19	948.98	1133.77	1317.20	set - 2012	0.00	184.79	369.58	554.37	739.16	923.95	1108.74	1293.53
out - 2006	1478.00	1616.26	1751.50	1883.48	2012.27	2134.71	2244.97	2345.52	out - 2012	68.46	217.72	366.98	516.25	665.51	814.77	964.03	1113.29
nov - 2006	2787.54	2815.21	2842.26	2867.97	2892.77	2917.30	2940.92	2962.51	nov - 2012	525.58	570.37	615.16	659.95	704.74	749.53	794.31	839.08
dez - 2006	3902.16	3918.28	3933.67	3946.87	3958.10	3967.72	3976.60	3984.02	dez - 2012	1908.34	1965.08	2019.63	2074.12	2128.46	2180.91	2231.71	2281.41
jan - 2007	2161.81	2256.88	2351.96	2447.03	2542.11	2636.52	2719.47	2772.96	jan - 2013	3204.34	3249.95	3294.01	3338.04	3381.26	3421.49	3455.10	3481.73
fev - 2007	3030.80	3063.34	3080.54	3096.76	3111.06	3123.97	3135.51	3146.60	fev - 2013	3149.80	3200.68	3247.92	3286.97	3321.58	3330.85	3345.07	3357.00
mar - 2007	3129.44	3223.38	3304.79	3377.92	3435.78	3470.47	3496.15	3517.80	mar - 2013	4195.03	4241.03	4269.80	4288.22	4294.73	4298.62	4300.28	4310.19
abr - 2007	1337.27	1532.76	1728.24	1923.72	2119.21	2297.54	2381.38	2432.18	abr - 2013	3864.31	3934.44	3997.26	4028.63	4041.20	4049.39	4054.21	4057.71
mai - 2007	1072.46	1275.93	1479.39	1682.86	1884.39	2070.94	2200.74	2285.02	mai - 2013	1612.46	1815.92	2019.39	2222.86	2405.54	2540.42	2624.58	2681.81
jun - 2007	720.13	957.91	1195.69	1433.48	1671.26	1905.75	2073.39	2189.98	jun - 2013	601.10	838.88	1076.67	1314.45	1552.23	1789.92	1976.71	2115.64
jul - 2007	65.26	339.76	614.26	888.76	1163.27	1437.77	1706.65	1968.33	jul - 2013	26.68	301.18	575.68	850.18	1124.69	1399.19	1671.43	1939.52
ago - 2007	0.00	265.74	531.48	797.21	1062.95	1328.69	1594.43	1859.72	ago - 2013	0.00	265.74	531.48	797.21	1062.95	1328.69	1594.43	1859.72
set - 2007	11.98	196.77	381.56	566.35	751.14	935.93	1120.65	1304.32	set - 2013	0.00	184.79	369.58	554.37	739.16	923.95	1108.74	1293.53
out - 2007	0.00	149.26	298.53	447.79	597.05	746.32	895.58	1044.84	out - 2013	961.11	1105.14	1248.83	1391.46	1532.38	1672.00	1807.93	1933.56
nov - 2007	5.79	50.57	95.36	140.15	184.94	229.73	274.52	319.30	nov - 2013	1142.24	1187.03	1231.81	1276.60	1321.39	1366.18	1410.97	1455.10
dez - 2007	88.32	153.09	217.86	282.63	347.40	412.17	476.94	541.72	dez - 2013	1727.66	1786.51	1845.14	1903.75	1962.37	2020.99	2079.61	2138.22
jan - 2008	1238.08	1331.05	1422.14	1513.23	1604.31	1695.40	1785.92	1873.78	jan - 2014	4411.26	4423.02	4424.96	4426.02	4426.64	4427.07	4427.39	4427.63
fev - 2008	845.73	909.48	973.24	1037.00	1100.76	1164.52	1228.27	1289.40	fev - 2014	4020.03	4021.12	4021.28	4021.32	4021.36	4021.38	4021.39	4021.40
mar - 2008	587.08	722.02	856.95	991.89	1126.82	1261.75	1393.69	1502.94	mar - 2014	2902.97	3011.10	3103.39	3186.56	3259.33	3301.68	3330.32	3355.66
abr - 2008	2094.05	2277.91	2444.23	2601.17	2731.85	2835.49	2901.68	2953.11	abr - 2014	2608.99	2774.89	2931.81	3073.19	3168.36	3215.57	3246.25	3268.84
mai - 2008	1779.51	1982.98	2186.44	2383.03	2564.43	2704.46	2775.44	2822.17	mai - 2014	987.78	1191.25	1394.72	1598.18	1801.65	2002.87	2143.60	2237.85
jun - 2008	1025.62	1263.40	1501.19	1738.97	1976.70	2190.63	2329.88	2419.28	jun - 2014	289.06	526.84	764.63	1002.41	1240.19	1477.90	1692.97	1877.85
jul - 2008	125.23	399.73	674.24	948.74	1223.24	1497.74	1759.92	2005.93	jul - 2014	134.79	409.29	683.79	958.29	1232.80	1507.30	1770.25	2017.07
ago - 2008	0.00	265.74	531.48	797.21	1062.95	1328.69	1594.43	1859.72	ago - 2014	23.19	288.93	554.66	820.40	1086.14	1351.88	1616.29	1876.46
set - 2008	0.00	184.79	369.58	554.37	739.16	923.95	1108.74	1293.53	set - 2014	94.72	279.51	464.30	649.09	833.87	1018.66	1202.96	1380.23
out - 2008	0.00	149.26	298.53	447.79	597.05	746.32	895.58	1044.84	out - 2014	1836.16	1958.92	2068.58	2177.61	2282.43	2384.11	2483.22	2568.81
nov - 2008	14.74	59.53	104.32	149.11	193.90	238.68	283.47	328.26	nov - 2014	3498.05	3518.42	3536.81	3553.68	3569.40	3583.03	3595.35	3606.83
dez - 2008	326.85	391.62	456.39	521.16	585.93	650.70	715.47	780.24	dez - 2014	2741.36	2802.93	2860.84	2912.48	2955.28	2987.91	3011.12	3029.52
jan - 2009	1586.53	1669.90	1751.59	1824.80	1890.22	1955.35	2020.38	2084.48	jan - 2015	1867.01	1962.09	2056.94	2149.30	2240.96	2328.12	2407.81	2471.92
fev - 2009	3008.06	3055.12	3101.37	3147.38	3187.48	3219.25	3242.54	3260.51	fev - 2015	1650.52	1711.22	1771.92	1832.62	1893.32	1953.90	2009.25	2049.62
mar - 2009	1565.58	1700.51	1835.45	1970.38	2102.52	2225.47	2307.27	2359.67	mar - 2015	847.88	982.82	1117.75	1252.69	1387.62	1522.56	1652.59	1745.70
abr - 2009	1064.10	1259.59	1455.07	1650.56	1846.04	2041.18	2179.14	2245.42	abr - 2015	556.14	751.62	947.11	1142.59	1337.80	1525.39	1691.84	1817.47
mai - 2009	540.97	744.44	947.90	1151.37	1354.84	1558.31	1731.73	1867.49	mai - 2015	1007.55	1201.24	1391.63	1576.17	1757.92	1923.48	2053.04	2153.19
jun - 2009	284.83	522.61	760.39	998.17	1235.96	1473.64	1694.95	1897.52	jun - 2015	141.73	379.51	617.29	855.08	1092.86	1330.64	1557.34	1765.52
jul - 2009	15.27	289.77	564.27	838.77	1113.28	1387.78	1661.30	1932.86	jul - 2015	8.43	282.93	557.43	831.93	1106.44	1380.94	1654.59	1926.20
ago - 2009	0.00	265.74	531.48	797.21	1062.95	1328.69	1594.43	1859.72	ago - 2015	0.00	265.74	531.48	797.21	1062.95	1328.69	1594.43	1859.72
set - 2009	0.00	184.79	369.58	554.37	739.16	923.95	1108.74	1293.53	set - 2015	30.36	215.15	399.94	584.73	769.52	954.31	1138.84	1319.90
out - 2009	134.83	284.09	433.36	582.62	731.88	881.15	1030.41	1179.24	out - 2015	422.01	571.28	720.54	869.80	1019.07	1168.33	1317.59	1462.23
nov - 2009	1063.21	1108.00	1152.64	1197.09	1239.77	1281.27	1321.38	1360.70	nov - 2015	854.59	899.38	944.17	988.96	1033.74	1078.53	1123.32	1167.75
dez - 2009	3487.29	3532.42	3576.70	3618.57	3658.78	3696.19	3729.00	3750.44	dez - 2015	1095.60	1160.37	1225.14	1289.91	1354.68	1419.45	1484.22	1547.99
jan - 2010	4454.59	4454.59	4454.59	4454.59	4454.59	4454.59	4454.59	4454.59	jan - 2016	4243.53	4270.57	4288.85	4297.12	4300.93	4303.83	4305.97	4307.45
fev - 2010	3768.52	3794.75	3816.18	3825.87	3832.66	3837.96	3842.40	3846.36	fev - 2016	3761.33	3790.62	3803.81	3813.63	3821.71	3828.82	3834.84	3839.51
mar - 2010	4423.44	4429.78	4432.56	4434.30	4435.20	4435.95	4436.42	4436.84	mar - 2016	2962.99	3084.24	3200.22	3285.33	3343.23	3382.03	3410.08	3431.94
abr - 2010	3575.60	3703.37	3788.39	3837.59	3859.81	3872.39	3882.35	3888.62	abr - 2016	4207.67	4237.06	4247.06	4251.06	4253.73	4255.44	4256.39	4257.29
mai - 2010	1892.33	2095.80	2298.62	2493.93	2666.70	2770.00	2836.79	2882.41	mai - 2016	3850.40	3948.56	4038.3					

**Tabela 22: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica simulados no AHE de Pinhel entre outubro de 1955 e setembro de 1969.**

Mês	Hídrica (MWh)	Solar bruta							Mês	Hídrica (MWh)	Solar bruta						
		1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)			1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)
out-1955	15.02	149.59	284.16	418.74	553.31	687.88	822.46	957.03	out-1962	17.42	152.00	286.57	421.14	555.72	690.29	824.86	959.44
nov-1955	2608.44	2641.12	2673.80	2706.49	2739.17	2771.85	2804.53	2837.27	nov-1962	236.83	294.02	351.22	408.42	465.62	522.82	579.63	634.96
dez-1955	3394.44	3429.54	3464.64	3499.74	3534.84	3569.94	3605.04	3636.68	dez-1962	202.58	269.75	336.92	404.09	471.26	538.44	605.57	671.59
jan-1956	4491.97	4503.71	4515.45	4527.19	4538.93	4550.67	4562.41	4571.91	jan-1963	4934.71	4936.22	4937.73	4939.23	4940.74	4942.25	4943.76	4945.27
fev-1956	3509.80	3544.49	3579.17	3613.86	3648.54	3683.22	3717.89	3752.57	fev-1963	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90
mar-1956	4675.64	4698.00	4720.36	4742.72	4765.07	4787.43	4791.90	4796.54	mar-1963	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43
abr-1956	4865.25	4865.25	4865.25	4865.25	4865.25	4865.25	4865.25	4865.25	abr-1963	4232.26	4275.97	4319.68	4363.38	4407.09	4436.87	4454.56	4467.65
mai-1956	3347.92	3487.42	3626.92	3766.42	3904.98	3990.46	4056.46	4113.77	mai-1963	1377.26	1607.46	1837.65	2067.84	2296.25	2473.33	2636.89	2790.51
jun-1956	1099.91	1367.53	1635.16	1902.78	2168.00	2342.50	2494.83	2639.14	jun-1963	726.30	993.92	1261.54	1529.16	1795.80	2022.51	2234.47	2439.66
jul-1956	123.51	408.16	692.80	977.44	1262.01	1537.71	1809.87	2081.11	jul-1963	15.37	300.01	584.65	869.29	1153.94	1438.58	1723.22	2007.86
ago-1956	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95	ago-1963	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set-1956	35.57	225.47	415.37	605.27	795.17	984.21	1170.22	1356.24	set-1963	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out-1956	241.07	375.64	510.22	644.79	779.36	913.66	1042.65	1168.39	out-1963	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01
nov-1956	126.87	184.07	241.27	298.47	355.67	412.87	469.83	525.81	nov-1963	3490.57	3511.01	3531.46	3551.91	3572.35	3592.80	3613.01	3632.27
dez-1956	150.76	217.94	285.11	352.28	419.45	486.62	553.80	620.97	dez-1963	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43
jan-1957	337.63	421.19	504.75	588.31	671.87	755.43	838.37	918.10	jan-1964	4111.42	4139.03	4166.64	4194.25	4221.86	4249.47	4274.10	4290.87
fev-1957	2406.89	2461.05	2515.20	2569.36	2623.51	2676.10	2716.89	2752.08	fev-1964	3166.53	3197.66	3228.79	3259.92	3291.05	3322.18	3350.51	3374.80
mar-1957	2275.08	2407.12	2539.17	2671.21	2803.25	2915.55	2981.81	3041.69	mar-1964	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43
abr-1957	1206.27	1405.51	1604.75	1804.00	2003.10	2150.69	2274.40	2392.13	abr-1964	4198.62	4246.41	4294.20	4341.99	4389.08	4411.84	4426.54	4437.59
mai-1957	599.56	829.75	1059.95	1290.14	1519.71	1726.05	1925.91	2120.88	mai-1964	1007.62	1237.81	1468.00	1698.19	1926.96	2107.46	2264.85	2410.61
jun-1957	116.83	384.45	652.07	919.69	1187.11	1446.40	1703.20	1959.50	jun-1964	817.00	1084.63	1352.25	1619.87	1886.60	2102.72	2304.93	2501.64
jul-1957	0.00	284.64	569.28	853.92	1138.57	1423.21	1707.85	1992.49	jul-1964	141.39	426.03	710.67	995.31	1279.89	1549.40	1814.73	2079.46
ago-1957	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95	ago-1964	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set-1957	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31	set-1964	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out-1957	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01	out-1964	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01
nov-1957	173.26	230.46	287.66	344.86	402.06	459.26	516.24	571.29	nov-1964	0.00	57.20	114.40	171.60	228.79	285.99	343.19	400.39
dez-1957	1078.82	1143.97	1209.12	1274.27	1339.42	1404.57	1469.72	1533.67	dez-1964	0.00	67.17	134.34	201.52	268.69	335.86	403.03	470.20
jan-1958	2495.40	2549.12	2602.85	2656.58	2710.30	2764.03	2816.94	2863.83	jan-1965	327.28	401.45	475.61	549.77	623.93	698.09	772.26	846.42
fev-1958	4459.82	4463.91	4468.00	4472.09	4476.18	4480.25	4482.75	4484.39	fev-1965	2011.19	2076.86	2142.48	2207.98	2273.47	2337.32	2392.01	2442.01
mar-1958	2510.41	2639.61	2768.82	2898.02	3027.22	3138.88	3219.89	3291.53	mar-1965	4440.59	4465.59	4490.60	4515.60	4540.60	4565.78	4583.83	4601.44
abr-1958	3564.25	3638.01	3711.77	3785.53	3858.70	3909.63	3948.83	3980.74	abr-1965	1025.39	1224.63	1423.88	1623.12	1822.20	1972.32	2099.04	2219.72
mai-1958	1046.22	1276.41	1506.61	1736.80	1965.99	2152.52	2317.20	2470.07	mai-1965	288.34	518.53	748.72	978.91	1208.86	1434.57	1665.28	1875.86
jun-1958	416.77	684.39	952.01	1219.63	1486.53	1725.94	1956.05	2181.83	jun-1965	0.00	267.62	535.24	802.86	1070.48	1338.11	1605.73	1873.35
jul-1958	48.93	333.57	618.21	902.85	1187.43	1467.42	1745.10	2022.58	jul-1965	0.00	284.64	569.28	853.92	1138.57	1423.21	1707.85	1992.49
ago-1958	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95	ago-1965	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set-1958	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31	set-1965	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out-1958	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01	out-1965	3618.76	3659.53	3700.30	3741.07	3781.84	3821.87	3857.36	3890.03
nov-1958	0.00	57.20	114.40	171.60	228.79	285.99	343.19	400.39	nov-1965	4254.90	4268.11	4281.32	4294.53	4307.74	4320.95	4333.09	4342.55
dez-1958	2741.95	2783.05	2824.15	2865.25	2906.35	2947.45	2988.55	3029.07	dez-1965	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43
jan-1959	4078.88	4102.87	4126.86	4150.84	4174.83	4198.82	4222.43	4241.45	jan-1966	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43
fev-1959	3878.20	3904.95	3931.70	3958.44	3985.19	4011.20	4031.29	4050.00	fev-1966	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90
mar-1959	4933.56	4937.23	4940.91	4944.58	4948.25	4951.03	4952.50	4953.97	mar-1966	3652.58	3721.69	3790.80	3859.90	3929.01	3998.63	4025.76	4062.64
abr-1959	3154.31	3282.20	3410.09	3537.98	3665.17	3740.02	3792.38	3839.28	abr-1966	4032.12	4082.57	4133.02	4183.46	4233.91	4265.47	4283.15	4298.39
mai-1959	1857.61	2081.74	2305.87	2530.01	2751.98	2986.21	3013.51	3116.10	mai-1966	1465.48	1695.67	1925.86	2156.06	2384.52	2543.64	2677.04	2797.70
jun-1959	856.24	1123.86	1391.48	1659.10	1924.85	2147.39	2356.99	2560.20	jun-1966	458.92	726.54	994.17	1261.79	1528.70	1774.82	2012.25	2245.61
jul-1959	15.34	299.98	584.62	869.26	1153.90	1438.20	1721.83	2005.07	jul-1966	0.00	284.64	569.28	853.92	1138.57	1423.21	1707.85	1992.49
ago-1959	75.84	342.84	609.83	876.82	1143.82	1409.02	1672.26	1933.94	ago-1966	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set-1959	210.15	400.05	589.95	779.86	969.76	1158.33	1344.38	1529.91	set-1966	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out-1959	354.57	489.15	623.72	758.30	892.87	1027.11	1152.48	1273.74	out-1966	1528.40	1647.92	1767.45	1886.97	2006.49	2125.48	2224.00	2306.44
nov-1959	2090.93	2127.38	2163.83	2200.27	2236.72	2273.17	2309.62	2345.71	nov-1966	2270.79	2315.63	2360.47	2405.31	2450.15	2494.99	2539.44	2582.55
dez-1959	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	dez-1966	1184.36	1251.53	1318.70	1385.87	1453.04	1520.22	1587.29	1646.45
jan-1960	4322.17	4345.09	4368.01	4390.93	4413.85	4436.77	4458.82	4475.25	jan-1967	2482.62	2529.12	2575.62	2622.12	2668.62	2715.12	2760.17	2797.89
fev-1960	4703.08	4703.08	4703.08	4703.08	4703.08	4703.08	4703.08	4703.08	fev-1967	3259.65	3285.04	3310.42	3335.81	3361.20	3386.58	3409.09	3427.98
mar-1960	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	mar-1967	3538.11	3615.17	3692.20	3769.08	3845.96	3907.51	3952.64	3992.55
abr-1960	3320.75	3409.00	3497.25	3585.50	3673.75	3731.12	3774.83	3810.60	abr-1967	1418.78	1618.02	1817.26	2016.50	2215.28	2358.16	2473.04	2578.65
mai-1960	2456.81	2623.92	2791.03	2958.13	3123.35	3288.22	3335.69	3425.82	mai-1967	2145.02	2331.60	2518.17	2704.74	2891.15	3016.94	3123.12	3213.30
jun-1960	696.43																

Tabela 23: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica simulados no AHE de Pinhel entre outubro de 1969 e setembro de 1983.

Mês	Hídrica (MWh)	Solar bruta							Mês	Hídrica (MWh)	Solar bruta						
		1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)			1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)
out - 1969	218.82	353.39	487.97	622.54	757.12	891.60	1022.57	1150.77	out - 1976	493.76	628.33	762.90	897.48	1032.05	1166.41	1294.99	1417.07
nov - 1969	1121.68	1171.61	1221.54	1271.48	1321.41	1371.34	1421.23	1470.50	nov - 1976	2232.51	2279.17	2325.84	2372.51	2419.17	2465.84	2511.50	2554.75
dez - 1969	1344.86	1412.03	1479.20	1546.37	1613.54	1680.72	1747.79	1807.33	dez - 1976	1957.59	2021.71	2085.84	2149.96	2214.08	2278.21	2342.30	2400.48
jan - 1970	5022.67	5022.67	5022.67	5022.67	5022.67	5022.67	5022.67	5022.67	jan - 1977	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43
fev - 1970	3777.81	3808.07	3838.32	3868.58	3898.84	3928.02	3948.36	3963.91	fev - 1977	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90
mar - 1970	1482.12	1640.55	1798.98	1957.40	2115.83	2252.27	2347.72	2432.11	mar - 1977	4082.46	4129.59	4176.73	4223.87	4271.01	4306.81	4334.14	4358.50
abr - 1970	664.83	864.07	1063.31	1262.55	1461.80	1629.69	1780.10	1925.84	abr - 1977	1995.41	2172.64	2349.88	2527.11	2703.85	2828.59	2932.23	3028.40
mai - 1970	1094.36	1307.98	1521.59	1735.21	1947.50	2106.28	2250.82	2389.54	mai - 1977	794.85	1025.05	1255.24	1485.43	1715.27	1916.13	2102.68	2282.39
jun - 1970	790.89	1058.51	1326.13	1593.75	1859.38	2071.70	2268.63	2459.35	jun - 1977	547.80	815.42	1083.04	1350.66	1617.31	1850.08	2072.08	2289.52
jul - 1970	32.11	316.75	601.39	886.03	1170.61	1448.41	1725.08	2001.61	jul - 1977	15.35	299.99	584.63	869.28	1153.92	1438.56	1723.20	2007.84
ago - 1970	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95	ago - 1977	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set - 1970	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31	set - 1977	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out - 1970	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01	out - 1977	174.34	308.92	443.49	578.06	712.64	847.21	975.80	1099.21
nov - 1970	34.50	91.70	148.90	206.10	263.30	320.50	377.70	434.89	nov - 1977	238.48	295.67	352.87	410.07	467.27	524.47	581.67	638.87
dez - 1970	298.29	365.46	432.63	499.81	566.98	634.15	701.32	768.12	dez - 1977	4325.78	4344.70	4363.62	4382.53	4401.45	4420.37	4439.28	4456.51
jan - 1971	2219.46	2261.38	2303.30	2345.23	2387.15	2429.07	2470.47	2509.10	jan - 1978	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43
fev - 1971	2214.85	2280.27	2345.70	2411.12	2476.54	2541.21	2594.88	2644.95	fev - 1978	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90
mar - 1971	1860.24	1996.70	2133.16	2269.62	2406.08	2523.41	2613.01	2696.12	mar - 1978	4366.28	4395.50	4424.72	4453.95	4483.17	4505.45	4521.06	4532.63
abr - 1971	4374.09	4400.84	4427.59	4454.34	4481.09	4498.16	4508.71	4517.35	abr - 1978	1696.14	1891.15	2086.17	2281.19	2475.47	2609.66	2719.72	2820.07
mai - 1971	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	mai - 1978	3705.41	3823.43	3941.45	4059.48	4175.79	4233.16	4276.25	4306.78
jun - 1971	4116.14	4190.67	4265.20	4339.73	4413.96	4448.23	4470.49	4489.23	jun - 1978	1140.12	1407.74	1675.36	1942.99	2208.54	2398.52	2566.03	2726.71
jul - 1971	1862.57	2123.76	2384.96	2646.15	2906.89	3056.32	3167.79	3268.11	jul - 1978	187.72	472.36	757.00	1041.64	1326.13	1585.31	1837.13	2087.45
ago - 1971	307.80	574.79	841.79	1108.78	1375.74	1631.31	1876.81	2118.94	ago - 1978	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set - 1971	15.78	205.68	395.58	585.48	775.38	965.28	1155.19	1345.09	set - 1978	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out - 1971	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01	out - 1978	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01
nov - 1971	0.00	57.20	114.40	171.60	228.79	285.99	343.19	400.39	nov - 1978	165.26	222.46	279.66	336.86	394.06	451.26	508.26	564.79
dez - 1971	0.00	67.17	134.34	201.52	268.69	335.86	403.03	470.20	dez - 1978	3845.02	3869.14	3893.25	3917.37	3941.49	3965.61	3989.72	4012.94
jan - 1972	886.39	969.95	1053.51	1137.07	1220.63	1304.19	1386.27	1459.88	jan - 1979	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43
fev - 1972	4688.47	4688.47	4688.47	4688.47	4688.47	4688.47	4688.47	4688.47	fev - 1979	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90
mar - 1972	4709.38	4730.41	4751.44	4772.47	4793.50	4811.10	4817.10	4821.54	mar - 1979	4689.93	4712.26	4734.58	4756.91	4779.24	4797.96	4808.10	4814.07
abr - 1972	1397.93	1597.17	1796.41	1995.65	2194.74	2344.17	2468.66	2583.27	abr - 1979	4784.17	4788.39	4792.61	4796.83	4801.06	4804.96	4807.77	4810.55
mai - 1972	671.58	901.77	1131.96	1362.15	1591.70	1798.86	1997.54	2192.24	mai - 1979	1471.79	1701.98	1932.17	2162.37	2392.92	2563.62	2690.08	2814.86
jun - 1972	113.15	380.78	648.40	916.02	1183.27	1440.13	1694.81	1947.54	jun - 1979	443.27	710.89	978.51	1246.13	1512.97	1745.78	1966.54	2182.38
jul - 1972	0.00	284.64	569.28	853.92	1138.57	1423.21	1707.85	1992.49	jul - 1979	0.00	284.64	569.28	853.92	1138.57	1423.21	1707.85	1992.49
ago - 1972	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95	ago - 1979	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set - 1972	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31	set - 1979	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out - 1972	418.67	549.08	679.50	809.92	940.33	1070.75	1200.62	1328.52	out - 1979	1380.12	1497.20	1614.29	1731.37	1848.45	1965.17	2060.10	2138.67
nov - 1972	2225.03	2271.60	2318.17	2364.74	2411.32	2457.89	2503.23	2544.79	nov - 1979	831.65	888.85	946.05	1003.25	1060.45	1117.65	1174.40	1228.62
dez - 1972	4731.72	4740.98	4750.24	4759.50	4768.76	4778.01	4787.21	4794.03	dez - 1979	717.52	784.69	851.87	919.04	986.21	1053.38	1120.52	1185.64
jan - 1973	4577.00	4585.84	4594.68	4603.52	4612.36	4621.20	4630.04	4637.26	jan - 1980	1115.94	1199.50	1283.06	1366.61	1450.17	1533.73	1613.17	1676.65
fev - 1973	2518.35	2582.71	2647.06	2711.41	2775.76	2838.31	2887.43	2928.46	fev - 1980	1415.18	1500.70	1586.22	1671.74	1757.26	1840.97	1906.20	1963.59
mar - 1973	1219.36	1377.79	1536.21	1694.64	1853.07	1999.27	2118.60	2229.55	mar - 1980	1229.07	1387.49	1545.92	1704.35	1862.77	2010.46	2132.38	2246.26
abr - 1973	481.62	680.86	880.10	1079.34	1278.42	1452.66	1619.73	1783.92	abr - 1980	1506.92	1680.07	1853.22	2026.37	2199.27	2344.48	2473.81	2593.03
mai - 1973	2988.50	3131.98	3275.45	3418.90	3561.06	3640.26	3701.67	3756.09	mai - 1980	1393.70	1623.89	1854.08	2084.27	2313.50	2481.62	2623.12	2752.71
jun - 1973	1528.01	1794.70	2061.39	2328.06	2591.32	2753.43	2885.34	3008.98	jun - 1980	378.52	646.14	913.76	1181.38	1447.73	1685.74	1918.44	2149.53
jul - 1973	228.40	513.04	797.68	1082.32	1366.94	1637.51	1901.37	2162.62	jul - 1980	15.11	299.75	584.40	869.04	1153.68	1435.48	1716.60	1997.62
ago - 1973	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95	ago - 1980	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set - 1973	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31	set - 1980	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out - 1973	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01	out - 1980	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01
nov - 1973	1227.88	1276.49	1325.10	1373.71	1422.32	1470.93	1518.93	1564.75	nov - 1980	0.00	57.20	114.40	171.60	228.79	285.99	343.19	400.39
dez - 1973	1386.79	1446.40	1506.02	1565.63	1625.24	1684.85	1744.47	1801.98	dez - 1980	0.00	67.17	134.34	201.52	268.69	335.86	403.03	470.20
jan - 1974	4563.06	4571.76	4580.46	4589.16	4597.86	4606.55	4615.25	4623.77	jan - 1981	0.00	83.56	167.12	250.68	334.23	417.79	501.35	584.91
fev - 1974	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	fev - 1981	0.00	81.64	163.28	244.92	326.55	408.19	489.83	571.47
mar - 1974	2141.94	2290.98	2440.03	2589.08	2738.13	2854.64	2925.66	2985.36	mar - 1981	66.00	224.43	382.86	541.28	699.71	858.24	1011.00	1165.22
abr - 1974	1654.39	1853.63	2052.87	2252.11	2451.08	2581.64	2678.36	2762.99	abr - 1981	668.18	867.43	1066.67	1265.91	1464.85	1623.14	1786.00	1935.14
mai - 1974	1319.48	1549.47	1779.66	2009.85	2238.74	2417.48	2574.27	2720.49	mai - 1981	512.16	742.36	972.55	1202.74	1432.17	1662.19</		

Tabela 24: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica simulados no AHE de Pinhel entre outubro de 1983 e setembro de 1997.

Mês	Hídrica (MWh)	Solar bruta							Mês	Hídrica (MWh)	Solar bruta						
		1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)			1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)
out - 1983	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01	out - 1990	1291.89	1399.83	1507.77	1615.70	1723.64	1831.58	1937.89	2043.22
nov - 1983	52.60	109.79	166.99	224.19	281.39	338.59	395.79	452.99	nov - 1990	3742.90	3766.58	3790.26	3813.94	3837.62	3861.30	3885.65	3902.63
dez - 1983	62.87	130.04	197.21	264.38	331.55	398.73	465.90	531.74	dez - 1990	1395.60	1462.77	1529.94	1597.11	1664.28	1731.46	1798.53	1855.11
jan - 1984	0.00	83.56	167.12	250.68	334.23	417.79	501.35	584.91	jan - 1991	3530.11	3570.93	3611.74	3652.55	3693.37	3734.15	3770.31	3797.27
fev - 1984	0.00	85.52	171.04	256.56	342.08	427.60	513.12	598.65	fev - 1991	4060.69	4076.66	4092.63	4108.59	4124.56	4140.53	4154.13	4164.19
mar - 1984	0.00	158.43	316.85	475.28	633.71	792.13	950.56	1108.99	mar - 1991	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43
abr - 1984	0.00	199.24	398.48	597.72	796.97	996.21	1195.45	1394.69	abr - 1991	2239.95	2404.98	2570.01	2735.04	2899.64	3002.21	3078.58	3149.56
mai - 1984	0.00	230.19	460.38	690.57	920.76	1150.96	1381.15	1611.34	mai - 1991	455.04	685.23	915.42	1145.61	1375.70	1599.64	1821.77	2043.00
jun - 1984	0.00	267.62	535.24	802.86	1070.48	1338.11	1605.73	1873.35	jun - 1991	48.02	315.64	583.26	850.88	1118.50	1386.12	1653.04	1918.87
jul - 1984	121.88	406.52	691.16	975.80	1260.45	1531.19	1796.10	2059.97	jul - 1991	0.00	284.64	569.28	853.92	1138.57	1423.21	1707.85	1992.49
ago - 1984	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95	ago - 1991	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set - 1984	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31	set - 1991	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out - 1984	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01	out - 1991	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01
nov - 1984	2577.61	2615.03	2652.45	2689.86	2727.28	2764.69	2801.91	2838.66	nov - 1991	0.00	57.20	114.40	171.60	228.79	285.99	343.19	400.39
dez - 1984	4508.88	4519.64	4530.40	4541.16	4551.92	4562.68	4573.44	4583.75	dez - 1991	0.00	67.17	134.34	201.52	268.69	335.86	403.03	470.20
jan - 1985	3422.61	3453.09	3483.58	3514.06	3544.54	3575.02	3605.44	3632.75	jan - 1992	101.76	185.32	268.88	352.44	436.00	519.56	603.01	686.13
fev - 1985	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	fev - 1992	62.97	148.50	234.02	319.54	405.06	490.58	576.10	661.62
mar - 1985	4283.89	4321.02	4358.15	4395.28	4432.40	4469.53	4506.66	4543.79	mar - 1992	30.56	188.98	347.41	505.84	664.26	822.69	981.12	1139.54
abr - 1985	3815.88	3866.98	3918.08	3969.17	4020.27	4071.37	4122.47	4173.57	abr - 1992	866.30	1050.87	1235.45	1420.02	1604.43	1753.66	1886.52	2016.15
mai - 1985	1848.41	2062.73	2277.06	2491.38	2705.61	2919.84	3134.07	3358.30	mai - 1992	31.15	261.34	491.53	721.72	951.91	1182.11	1412.30	1642.49
jun - 1985	1916.99	2129.32	2341.65	2553.99	2766.32	2978.65	3190.98	3403.31	jun - 1992	15.56	283.18	550.80	818.42	1086.04	1353.66	1621.29	1888.91
jul - 1985	48.85	333.49	618.14	902.78	1187.38	1471.98	1756.58	2041.18	jul - 1992	0.00	284.64	569.28	853.92	1138.57	1423.21	1707.85	1992.49
ago - 1985	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95	ago - 1992	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set - 1985	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31	set - 1992	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out - 1985	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01	out - 1992	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01
nov - 1985	15.56	72.76	129.96	187.16	244.36	301.56	358.75	415.95	nov - 1992	0.00	57.20	114.40	171.60	228.79	285.99	343.19	400.39
dez - 1985	1285.64	1340.49	1395.35	1450.20	1505.05	1559.90	1614.72	1668.32	dez - 1992	15.12	82.29	149.46	216.63	283.81	350.98	418.15	485.32
jan - 1986	4157.93	4188.42	4218.91	4249.39	4279.88	4310.37	4340.86	4371.35	jan - 1993	0.00	83.56	167.12	250.68	334.23	417.79	501.35	584.91
fev - 1986	3218.42	3245.59	3272.75	3299.91	3327.07	3354.23	3379.42	3403.30	fev - 1993	163.12	244.76	326.40	408.03	489.67	571.30	652.27	733.23
mar - 1986	3493.17	3565.95	3638.73	3711.52	3784.30	3848.13	3884.51	3919.49	mar - 1993	79.02	237.44	395.87	554.30	712.72	870.46	1026.38	1182.28
abr - 1986	1305.26	1504.50	1703.74	1902.99	2101.80	2297.97	2345.23	2444.92	abr - 1993	15.67	214.91	414.15	613.39	812.63	1011.88	1211.12	1410.36
mai - 1986	574.98	805.18	1035.37	1265.56	1495.63	1725.72	1955.81	2093.69	mai - 1993	649.66	871.52	1093.38	1315.24	1535.77	1755.66	1990.09	2295.99
jun - 1986	15.51	283.13	550.75	818.37	1085.94	1350.72	1615.23	1879.57	jun - 1993	599.76	867.39	1135.01	1402.63	1669.29	1896.26	2111.45	2322.65
jul - 1986	0.00	284.64	569.28	853.92	1138.57	1423.21	1707.85	1992.49	jul - 1993	15.44	300.08	584.72	869.36	1154.01	1438.59	1722.88	2007.18
ago - 1986	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95	ago - 1993	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set - 1986	269.07	455.25	641.43	827.62	1013.80	1199.50	1383.67	1567.18	set - 1993	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out - 1986	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01	out - 1993	2634.06	2698.44	2762.83	2827.21	2891.59	2955.77	3012.02	3062.45
nov - 1986	164.71	221.91	279.11	336.30	393.50	450.70	507.90	565.10	nov - 1993	3681.79	3704.55	3727.32	3750.08	3772.84	3795.61	3818.37	3839.81
dez - 1986	468.00	535.17	602.34	669.51	736.69	803.86	871.03	937.83	dez - 1993	1795.78	1851.47	1907.15	1962.84	2018.52	2074.21	2129.86	2179.07
jan - 1987	2239.90	2295.89	2352.79	2409.68	2466.58	2523.47	2579.60	2629.81	jan - 1994	4158.60	4183.85	4209.09	4234.34	4259.59	4284.83	4306.53	4318.09
fev - 1987	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	fev - 1994	3895.48	3910.46	3925.43	3940.41	3955.38	3970.36	3984.08	3996.79
mar - 1987	3487.79	3562.59	3637.40	3712.20	3787.00	3861.80	3936.60	3941.34	mar - 1994	3712.04	3777.14	3842.23	3907.32	3972.42	4022.48	4059.55	4090.63
abr - 1987	3866.05	3922.62	3979.18	4035.75	4092.31	4148.88	4205.44	4262.01	abr - 1994	1064.88	1264.12	1463.36	1662.60	1861.57	2018.33	2153.97	2281.62
mai - 1987	1257.63	1487.82	1718.01	1948.20	2176.90	2357.32	2519.75	2671.19	mai - 1994	2988.50	3072.77	3157.04	3241.32	3325.40	3405.88	3477.48	3549.37
jun - 1987	224.53	492.15	759.77	1027.39	1293.99	1558.58	1778.29	2016.84	jun - 1994	1662.51	1891.38	2120.25	2349.12	2576.36	2755.57	2920.01	3078.00
jul - 1987	0.00	284.64	569.28	853.92	1138.57	1423.21	1707.85	1992.49	jul - 1994	31.93	316.57	601.21	885.86	1170.50	1455.13	1739.60	2024.08
ago - 1987	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95	ago - 1994	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set - 1987	37.35	227.25	417.15	607.05	796.96	986.86	1176.76	1366.66	set - 1994	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out - 1987	1140.04	1270.92	1401.80	1532.69	1663.40	1793.70	1905.16	2002.49	out - 1994	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01
nov - 1987	2346.82	2387.97	2429.12	2470.26	2511.41	2552.55	2593.44	2631.71	nov - 1994	272.15	329.35	386.55	443.75	500.95	558.15	615.34	672.39
dez - 1987	4635.22	4646.70	4658.19	4669.68	4681.17	4692.65	4704.14	4713.99	dez - 1994	183.31	250.48	317.65	384.82	451.99	519.17	586.34	653.04
jan - 1988	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	jan - 1995	870.58	954.14	1037.70	1121.26	1204.81	1288.37	1367.94	1433.20
fev - 1988	4703.08	4703.08	4703.08	4703.08	4703.08	4703.08	4703.08	4703.08	fev - 1995	2308.43	2364.89	2421.35	2477.81	2534.26	2589.62	2635.40	2673.89
mar - 1988	1657.68	1812.43	1967.18	2121.93	2276.68	2431.43	2586.18	2740.93	mar - 1995	870.38	1028.81	1187.23	1345.66	1504.09	1643.81	1754.97	1859.87
abr - 1988	1826.06	2014.62	2203.18	2391.73	2579.55	2767.35	2955.15	3142.95	abr - 1995	201.37	400.61	599.85	799.09	998.33	1196.87	1393.34	1588.43
mai - 1988	2867.82	3022.42	3177.01	3331.61	3485.08	3638.55	3792.02	3945.49	mai - 1995	165.63	953.82	1805.20	2656.00	3507.00	4358.00	5209.00	6060.00
jun - 1988	2493.30	2674.14	2854.99	3035.83	3216.67	3400.51	358										

**Tabela 25: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica simulados no AHE de Pinhel entre outubro de 1997 e setembro de 2011.**

Mês	Hídrica (MWh)	Solar bruta							Mês	Hídrica (MWh)	Solar bruta						
		1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)			1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)
out - 1997	227.87	362.45	497.02	631.59	766.17	900.74	1035.32	1169.57	out - 2004	121.11	255.68	390.26	524.83	659.40	793.98	928.56	1061.98
nov - 1997	4397.42	4402.91	4408.40	4413.89	4419.38	4424.86	4430.35	4435.84	nov - 2004	274.44	331.64	388.84	446.04	503.24	560.44	617.21	672.44
dez - 1997	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	dez - 2004	277.73	344.91	412.08	479.25	546.42	613.59	680.76	744.63
jan - 1998	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	jan - 2005	110.13	193.69	277.25	360.81	444.36	527.92	611.48	694.92
fev - 1998	4180.26	4196.38	4212.50	4228.62	4244.74	4259.75	4272.29	4281.51	fev - 2005	62.59	144.23	225.87	307.50	389.14	470.69	550.28	629.51
mar - 1998	1284.98	1443.41	1601.83	1760.26	1918.69	2062.42	2178.98	2288.63	mar - 2005	144.70	303.13	461.55	619.98	778.41	933.09	1082.04	1228.02
abr - 1998	1665.49	1856.21	2046.93	2237.65	2427.86	2553.81	2650.53	2738.11	abr - 2005	633.42	832.66	1031.90	1231.14	1430.36	1609.81	1775.32	1935.86
mai - 1998	1520.98	1744.39	1967.80	2191.21	2412.26	2561.75	2690.84	2810.34	mai - 2005	105.30	335.49	565.69	795.88	1025.95	1250.44	1473.94	1697.00
jun - 1998	2376.28	2564.44	2752.60	2940.76	3127.35	3244.59	3344.24	3439.17	jun - 2005	0.00	267.62	535.24	802.86	1070.48	1338.11	1605.73	1873.35
jul - 1998	187.58	472.22	756.87	1041.51	1326.11	1582.86	1832.66	2080.91	jul - 2005	0.00	284.64	569.28	853.92	1138.57	1423.21	1707.85	1992.49
ago - 1998	22.85	289.85	556.84	823.83	1090.83	1354.08	1616.03	1877.75	ago - 2005	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set - 1998	77.28	267.18	457.08	646.98	836.89	1025.77	1211.64	1397.16	set - 2005	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out - 1998	123.91	258.48	393.06	527.63	662.21	796.33	926.36	1054.15	out - 2005	40.02	174.59	309.17	443.74	578.32	712.89	847.46	981.85
nov - 1998	15.20	72.40	129.60	186.80	244.00	301.20	358.40	415.59	nov - 2005	1083.04	1140.24	1197.44	1254.64	1311.83	1369.03	1425.03	1478.19
dez - 1998	15.41	82.58	149.76	216.93	284.10	351.27	418.44	485.62	dez - 2005	2492.66	2531.75	2570.83	2609.91	2649.00	2688.08	2727.11	2762.93
jan - 1999	759.80	843.35	926.91	1010.47	1094.03	1177.59	1258.96	1330.54	jan - 2006	1180.58	1264.14	1347.69	1431.25	1514.81	1598.37	1679.89	1749.24
fev - 1999	467.21	548.84	630.48	712.12	793.76	875.02	952.28	1024.68	fev - 2006	999.74	1081.38	1163.01	1244.65	1326.29	1407.20	1480.84	1549.20
mar - 1999	831.28	989.70	1148.13	1306.56	1464.98	1615.31	1747.00	1871.20	mar - 2006	3432.81	3506.23	3579.65	3653.06	3726.48	3792.08	3832.05	3865.86
abr - 1999	376.72	575.96	775.20	974.44	1173.49	1354.51	1524.37	1690.95	abr - 2006	3358.74	3450.69	3542.59	3634.34	3725.83	3784.95	3829.49	3865.85
mai - 1999	472.09	702.28	932.47	1162.66	1392.35	1602.98	1806.42	1994.63	mai - 2006	402.19	632.38	862.57	1092.76	1322.87	1532.78	1735.97	1935.43
jun - 1999	83.64	351.27	618.89	886.51	1153.94	1416.44	1677.79	1938.48	jun - 2006	0.00	267.62	535.24	802.86	1070.48	1338.11	1605.73	1873.35
jul - 1999	0.00	284.64	569.28	853.92	1138.57	1423.21	1707.85	1992.49	jul - 2006	0.00	284.64	569.28	853.92	1138.57	1423.21	1707.85	1992.49
ago - 1999	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95	ago - 2006	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set - 1999	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31	set - 2006	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out - 1999	264.64	399.22	533.79	668.36	802.94	937.51	1068.49	1194.32	out - 2006	1460.87	1564.21	1667.55	1770.89	1874.22	1977.56	2080.90	2184.03
nov - 1999	422.19	479.38	536.58	593.78	650.98	708.18	764.89	820.19	nov - 2006	4865.25	4865.25	4865.25	4865.25	4865.25	4865.25	4865.25	4865.25
dez - 1999	239.82	307.00	374.17	441.34	508.51	575.68	642.86	709.65	dez - 2006	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43
jan - 2000	378.53	462.09	545.65	629.21	712.77	796.33	878.90	956.37	jan - 2007	2050.66	2125.52	2200.38	2275.24	2350.10	2424.96	2496.90	2554.76
fev - 2000	410.33	495.85	581.37	666.89	752.41	837.91	919.68	998.03	fev - 2007	3338.44	3360.49	3382.53	3404.57	3426.61	3448.64	3469.49	3488.46
mar - 2000	199.33	357.76	516.19	674.61	833.04	987.29	1135.59	1283.12	mar - 2007	2928.77	3028.80	3128.84	3228.87	3328.91	3417.38	3485.65	3544.56
abr - 2000	2538.58	2666.99	2795.40	2923.80	3052.17	3137.81	3206.16	3270.68	abr - 2007	1029.75	1228.99	1428.24	1627.48	1826.45	1985.13	2125.92	2257.99
mai - 2000	4220.64	4294.87	4369.09	4443.32	4516.68	4558.37	4591.22	4621.58	mai - 2007	787.25	1017.44	1247.63	1477.83	1706.62	1898.34	2077.27	2251.16
jun - 2000	675.87	934.79	1193.71	1452.63	1710.53	1942.46	2168.09	2389.56	jun - 2007	303.04	570.66	838.28	1105.90	1373.36	1623.08	1865.78	2106.77
jul - 2000	0.00	284.64	569.28	853.92	1138.57	1423.21	1707.85	1992.49	jul - 2007	15.76	300.41	585.05	869.69	1154.33	1437.75	1719.89	2001.91
ago - 2000	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95	ago - 2007	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set - 2000	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31	set - 2007	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out - 2000	15.90	150.48	285.05	419.62	554.20	688.77	823.05	957.17	out - 2007	34.11	168.69	303.26	437.83	572.41	706.98	841.55	976.13
nov - 2000	286.62	342.95	399.28	455.60	511.93	568.26	624.59	680.92	nov - 2007	31.17	88.37	145.57	202.77	259.96	317.16	374.36	431.56
dez - 2000	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	dez - 2007	0.00	67.17	134.34	201.52	268.69	335.86	403.03	470.20
jan - 2001	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	jan - 2008	419.62	503.18	586.74	670.30	753.85	837.41	920.30	999.45
fev - 2001	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	4540.90	fev - 2008	370.77	456.29	541.82	627.34	712.86	798.32	881.56	964.04
mar - 2001	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	5027.43	mar - 2008	304.38	462.80	621.23	779.66	938.08	1089.15	1229.05	1366.53
abr - 2001	2978.83	3084.65	3190.47	3296.29	3401.72	3476.64	3540.07	3595.19	abr - 2008	1972.49	2123.12	2273.75	2424.38	2574.39	2690.96	2795.92	2897.73
mai - 2001	1104.99	1335.18	1565.37	1795.56	2024.55	2191.91	2341.94	2483.51	mai - 2008	1108.13	1338.32	1568.51	1798.70	2027.48	2297.72	2533.30	2497.76
jun - 2001	63.98	331.60	599.22	866.84	1134.01	1393.40	1651.94	1910.18	jun - 2008	430.92	696.14	966.54	1233.78	1500.41	1719.22	1976.36	2207.62
jul - 2001	241.56	526.20	810.84	1095.49	1380.13	1647.72	1908.56	2167.47	jul - 2008	0.00	284.64	569.28	853.92	1138.57	1423.21	1707.85	1992.49
ago - 2001	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95	ago - 2008	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set - 2001	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31	set - 2008	15.31	205.21	395.12	585.02	774.92	964.82	1154.72	1344.62
out - 2001	113.90	248.47	383.04	517.62	652.19	786.76	920.19	1051.90	out - 2008	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01
nov - 2001	46.37	103.57	160.77	217.97	275.17	332.37	389.36	445.59	nov - 2008	15.99	73.19	130.39	187.59	244.79	301.99	359.18	416.38
dez - 2001	45.66	112.84	180.01	247.18	314.35	381.52	448.66	514.87	dez - 2008	0.00	67.17	134.34	201.52	268.69	335.86	403.03	470.20
jan - 2002	606.39	685.51	764.64	843.76	922.89	1002.02	1078.58	1147.82	jan - 2009	206.30	289.85	373.41					

**Tabela 26: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica reais no AHE de Covas do Barroso entre outubro de 2005 e setembro de 2011.**

Mês	Hídrica (MWh)	Solar bruta							Mês	Hídrica (MWh)	Solar bruta						
		1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)			1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)
out - 2005	277.32	426.58	575.42	721.26	865.72	1008.82	1150.64	1291.27	out - 2010	664.59	812.88	957.58	1100.60	1243.33	1384.75	1519.94	1645.12
nov - 2005	843.46	888.25	933.04	977.82	1022.61	1067.40	1112.16	1156.75	nov - 2010	2807.44	2852.00	2891.72	2929.24	2964.39	2996.69	3025.79	3049.49
dez - 2005	1539.32	1603.95	1667.66	1725.82	1781.16	1834.11	1883.78	1931.09	dez - 2010	3351.21	3412.14	3460.64	3501.29	3532.48	3558.62	3580.15	3593.56
jan - 2006	970.58	1065.65	1160.73	1255.80	1350.88	1445.95	1541.03	1635.91	jan - 2011	3477.03	3568.36	3622.10	3664.57	3702.89	3732.12	3745.94	3753.54
fev - 2006	1213.83	1272.10	1326.96	1381.37	1434.62	1483.49	1525.37	1563.74	fev - 2011	2457.37	2513.26	2552.20	2583.08	2607.49	2629.83	2651.09	2669.84
mar - 2006	3234.63	3346.01	3420.48	3480.71	3530.60	3570.06	3598.32	3617.92	mar - 2011	1911.80	2046.73	2181.67	2316.60	2446.90	2550.10	2618.30	2665.35
abr - 2006	2763.81	2949.98	3102.44	3219.27	3296.73	3334.39	3360.72	3381.04	abr - 2011	1287.90	1483.39	1678.87	1874.36	2069.58	2240.33	2351.91	2403.50
mai - 2006	655.49	858.96	1062.43	1265.90	1469.16	1671.81	1842.23	1957.77	mai - 2011	1064.36	1267.83	1471.29	1674.76	1876.89	2062.12	2193.92	2276.29
jun - 2006	150.37	388.15	625.93	863.72	1101.50	1339.12	1572.50	1778.50	jun - 2011	293.64	531.42	769.21	1006.99	1244.71	1480.64	1710.56	1886.78
jul - 2006	50.89	325.40	599.90	874.40	1148.90	1423.40	1695.80	1955.97	jul - 2011	65.23	339.74	614.24	888.74	1163.24	1437.74	1709.30	1967.61
ago - 2006	30.02	295.76	561.50	827.23	1092.97	1358.71	1624.14	1884.22	ago - 2011	8.87	274.61	540.34	806.08	1071.82	1337.56	1603.09	1865.68
set - 2006	41.86	226.65	411.44	596.23	781.02	965.80	1150.59	1334.28	set - 2011	5.94	190.73	375.52	560.31	745.10	929.89	1114.68	1299.27
out - 2006	1826.50	1964.46	2085.74	2197.68	2299.56	2396.21	2491.26	2584.95	out - 2012	22.65	171.91	321.17	470.43	619.70	768.96	918.22	1067.49
nov - 2006	2757.55	2798.86	2830.33	2857.80	2883.66	2908.12	2929.89	2948.17	nov - 2012	86.79	131.58	176.37	221.16	265.95	310.73	355.52	400.31
dez - 2006	3364.21	3414.84	3437.69	3455.91	3473.18	3489.36	3503.26	3515.25	dez - 2012	1077.71	1142.34	1206.01	1268.84	1331.41	1393.73	1455.58	1517.00
jan - 2007	1669.75	1764.82	1859.89	1954.97	2050.04	2145.12	2239.03	2324.86	jan - 2013	2119.41	2200.74	2264.05	2326.43	2386.92	2443.26	2494.85	2542.61
fev - 2007	2935.21	2982.30	3006.16	3023.90	3038.14	3050.31	3061.48	3071.66	fev - 2013	829.65	890.30	949.28	1006.67	1063.57	1119.08	1171.64	1222.83
mar - 2007	2685.84	2801.61	2887.82	2968.66	3042.57	3101.05	3138.91	3166.64	mar - 2013	2152.95	2275.43	2368.99	2449.65	2523.95	2590.99	2654.10	2715.93
abr - 2007	681.78	877.26	1072.74	1268.23	1463.66	1658.78	1842.20	1940.20	abr - 2013	928.39	1111.76	1282.16	1450.56	1614.53	1766.80	1913.10	2056.87
mai - 2007	544.93	748.40	951.86	1155.33	1358.80	1561.70	1744.74	1871.48	mai - 2013	454.20	657.67	861.14	1064.60	1268.07	1466.31	1637.42	1791.35
jun - 2007	758.51	996.29	1234.07	1471.86	1704.40	1921.66	2103.25	2214.32	jun - 2013	295.09	532.87	770.65	1008.43	1246.22	1484.00	1706.21	1886.72
jul - 2007	285.62	560.12	834.62	1109.13	1383.63	1658.13	1919.08	2128.28	jul - 2013	83.60	358.10	632.60	907.11	1181.61	1456.11	1727.33	1984.50
ago - 2007	74.23	339.97	605.71	871.45	1137.18	1402.92	1666.98	1914.86	ago - 2013	31.30	297.03	562.77	828.51	1094.25	1359.98	1625.14	1885.32
set - 2007	24.38	209.16	393.95	578.74	763.53	948.32	1133.06	1316.20	set - 2013	24.67	209.46	394.25	579.04	763.83	948.61	1133.39	1316.40
out - 2007	73.22	222.49	371.75	521.01	670.27	819.54	968.80	1117.88	out - 2013	1685.77	1830.39	1961.77	2082.73	2198.28	2304.58	2402.34	2496.51
nov - 2007	78.61	123.40	168.19	212.98	257.77	302.55	347.34	392.13	nov - 2013	1908.89	1953.30	1996.50	2037.67	2077.84	2116.82	2155.16	2192.72
dez - 2007	126.77	191.54	256.31	321.08	385.85	450.63	515.40	580.17	dez - 2013	1521.93	1584.24	1644.81	1704.88	1764.82	1824.68	1884.34	1943.82
jan - 2008	1339.61	1434.32	1527.32	1616.21	1702.59	1787.74	1868.16	1942.56	jan - 2014	4312.60	4349.75	4354.91	4357.43	4359.47	4360.96	4362.18	4363.11
fev - 2008	997.99	1061.75	1125.51	1189.26	1253.02	1316.78	1380.54	1443.08	fev - 2014	3876.29	3907.35	3914.48	3917.85	3919.35	3920.42	3921.16	3921.64
mar - 2008	724.60	859.53	994.47	1129.40	1264.23	1398.37	1527.87	1636.67	mar - 2014	2456.66	2581.10	2679.44	2769.38	2854.66	2927.25	2971.29	3002.11
abr - 2008	2739.31	2918.35	3045.91	3136.68	3203.21	3259.35	3311.94	3345.80	abr - 2014	2260.03	2447.52	2612.97	2758.81	2875.46	2946.33	2989.19	3019.04
mai - 2008	2079.02	2279.15	2464.09	2636.35	2793.80	2911.73	2977.18	3021.59	mai - 2014	797.87	1001.33	1204.80	1408.27	1611.74	1814.75	1989.36	2098.44
jun - 2008	1095.34	1333.12	1570.82	1806.39	2020.80	2210.87	2365.12	2459.10	jun - 2014	333.03	570.81	808.59	1046.37	1284.16	1521.94	1743.44	1916.72
jul - 2008	175.90	450.40	724.90	999.41	1273.91	1548.41	1814.90	2046.85	jul - 2014	158.46	432.96	707.47	981.97	1256.37	1530.66	1799.02	2039.55
ago - 2008	62.95	328.69	594.43	860.17	1125.90	1391.64	1655.96	1908.19	ago - 2014	66.65	332.38	598.12	863.85	1129.00	1394.07	1657.87	1911.63
set - 2008	71.53	256.32	441.11	625.90	810.69	995.47	1180.26	1362.04	set - 2014	107.80	292.58	477.37	662.16	846.95	1031.74	1216.52	1393.51
out - 2008	99.98	249.25	398.51	547.77	697.03	846.30	995.56	1144.66	out - 2014	2047.06	2172.41	2288.25	2399.04	2507.19	2606.09	2688.79	2748.13
nov - 2008	147.97	192.75	237.54	282.33	327.12	371.91	416.69	461.48	nov - 2014	0.00	44.79	89.58	134.36	179.15	223.94	268.73	313.52
dez - 2008	1200.44	1263.87	1325.47	1386.86	1448.05	1509.02	1568.66	1625.52	dez - 2014	1854.20	1918.97	1983.74	2048.51	2111.06	2168.92	2219.15	2256.48
jan - 2009	2479.31	2561.73	2620.74	2674.55	2726.90	2777.60	2826.13	2872.61	jan - 2015	1356.09	1450.68	1542.96	1634.85	1726.56	1817.92	1907.39	1988.47
fev - 2009	2783.29	2842.57	2895.57	2944.70	2989.39	3025.56	3056.45	3078.94	fev - 2015	1718.34	1779.04	1839.31	1899.25	1958.80	2017.26	2070.17	2110.59
mar - 2009	1028.36	1163.29	1298.23	1433.16	1567.04	1695.51	1807.52	1887.12	mar - 2015	697.59	832.53	967.46	1102.40	1237.33	1372.09	1505.77	1611.17
abr - 2009	631.24	826.72	1022.21	1217.69	1413.17	1607.54	1788.82	1908.66	abr - 2015	426.82	622.27	817.60	1012.65	1204.75	1392.78	1572.18	1710.98
mai - 2009	380.53	584.00	787.47	990.93	1194.40	1397.87	1588.85	1739.07	mai - 2015	1480.58	1668.50	1845.49	2010.14	2162.07	2298.42	2402.34	2475.96
jun - 2009	408.10	645.88	883.66	1121.45	1359.23	1596.76	1817.76	1993.35	jun - 2015	222.71	460.50	698.28	936.06	1173.84	1411.63	1639.36	1830.55
jul - 2009	146.61	421.11	695.61	970.11	1244.61	1519.11	1788.16	2029.39	jul - 2015	64.51	339.01	613.51	888.02	1162.52	1437.02	1707.24	1962.00
ago - 2009	66.98	332.72	598.45	864.19	1129.93	1395.67	1659.39	1910.24	ago - 2015	15.51	281.24	546.98	812.72	1078.46	1344.19	1609.57	1871.25
set - 2009	14.31	199.09	383.88	568.67	753.46	938.25	1123.04	1307.61	set - 2015	229.36	414.15	598.69	782.35	964.81	1145.16	1324.34	1490.22
out - 2009	292.03	441.29	590.56	739.82	889.08	1038.35	1187.61	1336.52	out - 2015	1415.82	1561.11	1695.73	1827.46	1955.07	2079.28	2196.06	2295.39
nov - 2009	1745.66	1789.65	1830.89	1869.64	1906.59	1943.10	1978.52	2011.89	nov - 2015	1663.10	1707.65	1751.38	1793.81	1834.63	1874.28	1913.52	1951.60
dez - 2009	3811.35	3872.02	3918.47	3947.42	3966.08	3978.32	3985.38	3989.89	dez - 2015	1694.22	1758.30	1820.86	1881.28	1941.04	2000.20	2056.67	2109.04
jan - 2010	4074.23	4151.13	4177.69	4188.94	4193.49	4197.09	4199.71	4201.54	jan - 2016	4065.06	4113.31	4141.03	4157.88	4164.29	4168.82	4172.81	4175.26
fev - 2010	2759.26	2815.16	2858.78	2897.60	2933.45	2963.81	2984.78	3001.10	fev - 2016	3629.81	3663.96	3685.67	3699.53	3710.17	3718.65	3726.40	3733.28
mar - 2010	3697.40	3805.16	3851.48	3886.38	3909.86	3925.59	3937.42	3947.04	mar - 2016	2547.06	2672.88	2794.35	2907.46	2995.05	3052.84	3091.36	3118.52
abr - 2010	2642.43	2829.62	2986.13	3119.11	3208.05	3253.07	3279.70	3299.27	abr - 2016	3858.40	3968.75	4009.35	4024.49	4032.81	4038.48	4042.61	4046.18
mai - 2010	1095.81	1299.28	1502.74	1706.21	1907.98	2100.11	2229.56										

*Tabela 27: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica reais no AHE de Covas do Barroso entre outubro de 2011 e setembro de 2021.*

Mês	Hídrica (MWh)	Solar bruta							Mês	Hídrica (MWh)	Solar bruta						
		1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)			1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)
out - 2016	72.20	221.47	370.73	519.99	669.25	818.52	967.78	1116.85	abr - 2019	2599.79	2757.90	2893.91	3017.88	3107.00	3167.75	3218.13	3250.93
nov - 2016	497.11	541.90	586.69	631.47	676.26	720.99	765.10	808.43	mai - 2019	1410.06	1613.53	1816.81	2019.72	2208.61	2348.71	2444.66	2511.71
dez - 2016	531.40	596.17	660.94	725.71	790.48	855.25	920.02	984.79	jun - 2019	469.39	707.17	944.95	1182.73	1420.43	1657.75	1869.19	2013.32
jan - 2017	482.16	577.23	672.31	767.38	861.89	955.30	1048.01	1138.41	jul - 2019	182.64	457.14	731.64	1006.14	1280.65	1555.15	1819.57	2049.13
fev - 2017	2627.94	2685.69	2738.57	2786.50	2829.71	2865.12	2894.39	2917.02	ago - 2019	72.92	338.66	604.39	870.13	1135.87	1401.61	1665.22	1914.53
mar - 2017	1514.37	1649.30	1784.20	1917.47	2046.85	2163.33	2250.77	2311.08	set - 2019	0.00	184.79	369.58	554.37	739.16	923.95	1108.74	1293.53
abr - 2017	664.35	859.84	1055.32	1250.80	1446.29	1641.77	1818.67	1924.94	out - 2019	402.36	549.93	697.44	844.85	992.25	1139.03	1284.76	1427.70
mai - 2017	1047.80	1249.33	1449.85	1647.50	1834.58	2005.33	2148.04	2250.07	nov - 2019	3388.76	3420.30	3449.29	3472.56	3491.99	3509.67	3526.06	3540.92
jun - 2017	236.30	474.08	711.87	949.65	1187.43	1425.21	1651.88	1840.59	dez - 2019	4117.64	4146.68	4168.36	4187.74	4201.82	4211.60	4217.62	4222.38
jul - 2017	100.07	374.57	649.08	923.58	1198.08	1472.58	1743.19	1995.47	jan - 2020	2920.15	2989.87	3057.64	3121.48	3181.33	3236.45	3277.45	3304.84
ago - 2017	12.40	278.14	543.88	809.61	1075.35	1341.09	1606.79	1869.85	fev - 2020	2589.87	2648.10	2705.90	2763.22	2818.10	2866.22	2905.14	2934.15
set - 2017	10.43	195.22	380.01	564.80	749.59	934.37	1119.15	1303.35	mar - 2020	1653.57	1745.67	1833.36	1918.42	2000.71	2082.05	2162.65	2242.76
out - 2017	11.74	161.00	310.26	459.52	608.79	758.05	907.31	1056.58	abr - 2020	2379.68	2570.27	2759.92	2945.45	3077.94	3144.76	3183.13	3206.80
nov - 2017	44.31	89.10	133.88	178.67	223.46	268.25	313.04	357.82	mai - 2020	1717.19	1913.48	2108.19	2293.11	2446.44	2562.38	2645.92	2710.30
dez - 2017	919.20	983.80	1047.94	1111.52	1174.97	1238.38	1301.39	1363.61	jun - 2020	308.25	546.04	783.82	1021.60	1259.38	1497.09	1718.30	1895.57
jan - 2018	2326.50	2418.71	2505.33	2588.09	2668.91	2744.13	2813.36	2868.99	jul - 2020	73.49	347.99	622.50	897.00	1171.50	1446.00	1717.15	1974.98
fev - 2018	1086.90	1147.52	1207.75	1267.73	1327.54	1385.76	1441.39	1489.56	ago - 2020	0.00	265.74	531.48	797.21	1062.95	1328.69	1594.43	1859.72
mar - 2018	4132.82	4208.20	4225.93	4237.45	4246.06	4252.28	4257.04	4260.50	set - 2020	0.19	184.97	369.76	554.55	739.34	924.13	1108.92	1293.71
abr - 2018	3269.90	3396.30	3474.89	3547.78	3609.11	3640.23	3658.80	3672.33	out - 2020	431.59	577.68	723.59	869.50	1014.62	1157.54	1298.49	1439.02
mai - 2018	788.43	991.90	1195.37	1398.83	1601.85	1800.81	1958.20	2063.61	nov - 2020	1203.52	1248.30	1292.96	1337.03	1380.90	1424.54	1467.91	1510.87
jun - 2018	396.79	634.57	872.35	1110.14	1347.92	1585.70	1804.44	1972.59	dez - 2020	3313.71	3359.20	3403.42	3446.10	3485.86	3521.18	3553.77	3582.32
jul - 2018	333.54	608.04	882.54	1157.04	1431.55	1706.05	1961.56	2157.15	jan - 2021	2860.76	2914.54	2967.65	3019.86	3071.59	3122.91	3173.47	3219.37
ago - 2018	28.37	294.11	559.84	825.58	1091.32	1357.06	1621.86	1881.36	fev - 2021	4254.16	4256.60	4258.32	4259.65	4260.31	4260.86	4261.18	4261.47
set - 2018	31.45	216.23	401.02	585.81	770.60	955.39	1140.18	1323.39	mar - 2021	1769.48	1902.37	2033.00	2157.17	2265.29	2358.51	2435.35	2482.74
out - 2018	62.46	211.72	360.98	510.24	659.51	808.77	958.03	1107.01	abr - 2021	795.46	990.94	1186.43	1381.91	1576.72	1763.86	1925.92	2021.84
nov - 2018	2271.64	2310.72	2344.82	2376.05	2405.54	2434.40	2462.65	2488.98	mai - 2021	1200.38	1399.20	1595.66	1790.35	1983.68	2159.08	2298.03	2379.68
dez - 2018	2886.12	2940.73	2994.66	3048.24	3100.59	3148.68	3188.38	3217.33	jun - 2021	570.40	808.18	1045.96	1283.75	1521.53	1757.90	1958.82	2086.19
jan - 2019	1370.83	1462.51	1554.18	1645.85	1737.45	1828.97	1920.42	2011.50	jul - 2021	219.48	493.98	768.48	1042.98	1317.49	1591.56	1855.17	2077.89
fev - 2019	1834.92	1892.39	1948.79	2004.77	2060.36	2114.76	2163.59	2203.52	ago - 2021	46.13	311.87	577.61	843.34	1109.08	1374.82	1639.32	1894.49
mar - 2019	218.78	352.97	487.16	621.35	755.54	889.73	1023.92	1152.98	set - 2021	72.87	257.66	442.45	627.24	812.03	996.81	1181.59	1363.60

*Tabela 28: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica reais no AHE de Pinhel entre outubro de 2006 e setembro de 2011.*

Mês	Hídrica (MWh)	Solar bruta							Mês	Hídrica (MWh)	Solar bruta						
		1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)			1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)
out - 2006	1296.63	1410.28	1523.42	1635.72	1746.35	1855.80	1965.20	2074.29	abr - 2009	718.52	917.76	1117.00	1316.13	1479.95	1627.98	1768.98	1907.42
nov - 2006	3846.36	3857.58	3868.80	3880.02	3891.24	3902.46	3913.68	3924.90	mai - 2009	312.08	542.25	772.41	1002.54	1210.15	1409.61	1603.08	1793.87
dez - 2006	4865.52	4869.89	4874.26	4878.63	4883.00	4887.38	4891.75	4896.12	jun - 2009	21.42	289.04	556.66	824.28	1090.37	1355.37	1619.96	1884.20
jan - 2007	2863.41	2942.24	3015.31	3082.08	3136.09	3163.06	3182.82	3197.99	jul - 2009	2.49	287.13	571.77	856.41	1141.06	1425.65	1709.89	1993.95
fev - 2007	3743.46	3768.16	3792.26	3815.14	3837.56	3855.68	3869.66	3880.21	ago - 2009	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
mar - 2007	1261.88	1376.67	1489.76	1602.59	1715.41	1828.23	1941.05	2053.87	set - 2009	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
abr - 2007	0.00	199.24	398.48	597.72	796.97	996.21	1195.45	1394.69	out - 2009	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01
mai - 2007	0.00	230.19	460.38	690.57	920.76	1150.96	1381.15	1611.34	nov - 2009	0.00	57.20	114.40	171.60	228.79	285.99	343.19	400.39
jun - 2007	0.00	267.62	535.24	802.86	1070.48	1338.11	1605.73	1873.35	dez - 2009	1434.08	1489.50	1544.91	1600.32	1655.73	1711.14	1765.74	1818.43
jul - 2007	29.53	312.54	595.54	878.30	1160.14	1441.65	1722.90	2003.54	jan - 2010	5152.89	5153.28	5153.66	5153.94	5154.15	5154.35	5154.54	5154.74
ago - 2007	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95	fev - 2010	4428.50	4431.88	4434.56	4437.21	4439.83	4442.45	4445.06	4447.67
set - 2007	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31	mar - 2010	5157.71	5157.71	5157.71	5157.71	5157.71	5157.71	5157.71	5157.71
out - 2007	15.65	150.22	284.79	419.37	553.94	688.51	823.09	957.66	abr - 2010	4620.79	4652.75	4660.07	4664.17	4666.60	4668.57	4669.82	4670.86
nov - 2007	23.85	81.04	138.24	195.44	252.64	309.84	367.04	424.24	mai - 2010	2728.51	2931.65	3103.06	3252.76	3378.37	3456.88	3496.81	3524.75
dez - 2007	37.13	104.30	171.47	238.65	305.82	372.99	440.16	507.00	jun - 2010	482.21	749.83	1017.45	1285.08	1552.70	1780.45	1963.64	2139.16
jan - 2008	477.27	560.83	644.38	726.29	807.29	887.61	967.10	1045.60	jul - 2010	26.66	311.30	595.95	880.59	1165.23	1448.08	1727.49	2006.07
fev - 2008	569.29	654.62	736.33	813.59	889.71	964.39	1037.88	1110.70	ago - 2010	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
mar - 2008	538.64	697.06	846.39	987.81	1127.44	1264.77	1400.07	1533.67	set - 2010	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
abr - 2008	1867.37	2052.09	2200.78	2315.64	2421.01	2519.33	2609.07	2693.74	out - 2010	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01
mai - 2008	1901.11	2131.30	2324.98	2470.47	2602.76	2726.47	2838.59	2943.63	nov - 2010	0.00	57.20	114.40	171.60	228.79	285.99	343.19	400.39
jun - 2008	734.14	1001.59	1243.85	1465.45	1682.43	1896.38	2104.87	2310.21	dez - 2010	2929.55	2979.07	3028.45	3075.95	3120.52	3160.79	3199.54	3235.62
jul - 2008	47.58	332.22	616.86	900.66	1181.11	1460.34	1738.62	2016.54	jan - 2011	5032.12	5034.16	5035.48	5036.57	5037.65	5038.73	5039.80	5040.67
ago - 2008	16.66	283.66	550.65	817.29	1081.87	1346.26	1610.13	1873.83	fev - 2011	3666.21	3696.74	3721.40	3741.19	3757.38	3771.31	3783.84	3794.25
set - 2008	33.94	223.84	413.74	603.62	790.50	976.43	1161.72	1346.57	mar - 2011	4316.70	4316.70	4362.40	4373.07	4382.32	4385.40	4387.86	4390.01
out - 2008	51.65	18															

Tabela 29: Produção cumulativa híbrida mensal para valores de energia hidroelétrica reais no AHE de Pinhel entre outubro de 2011 e setembro de 2021.

Mês	Hídrica (MWh)	Solar bruta							Mês	Hídrica (MWh)	Solar bruta						
		1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)			1 MWp (MWh)	2 MWp (MWh)	3 MWp (MWh)	4 MWp (MWh)	5 MWp (MWh)	6 MWp (MWh)	7 MWp (MWh)
out - 2011	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01	out - 2016	1.23	135.80	270.37	404.95	539.52	674.09	808.67	943.24
nov - 2011	91.05	148.25	205.45	262.65	319.84	377.04	434.24	491.44	nov - 2016	171.29	228.49	285.69	342.89	400.08	457.02	513.80	570.24
dez - 2011	588.73	655.90	723.08	790.25	857.34	924.38	991.39	1058.10	dez - 2016	1172.29	1239.46	1304.81	1365.49	1420.29	1471.07	1520.37	1568.58
jan - 2012	508.43	591.99	675.55	759.11	842.66	926.22	1009.67	1089.75	jan - 2017	1106.88	1190.44	1263.12	1323.25	1379.02	1433.58	1486.86	1538.79
fev - 2012	320.80	406.32	491.84	577.25	661.88	741.55	819.59	895.56	fev - 2017	3654.21	3700.09	3725.86	3740.78	3752.11	3761.87	3770.92	3778.97
mar - 2012	222.46	380.89	539.31	697.74	852.53	996.54	1138.17	1276.50	mar - 2017	2484.41	2640.24	2784.38	2895.71	2983.22	3054.40	3095.79	3122.68
abr - 2012	228.37	427.61	626.85	826.09	1016.40	1197.08	1375.11	1551.38	abr - 2017	1152.43	1351.61	1550.78	1735.25	1874.38	1998.04	2096.23	2187.11
mai - 2012	747.89	978.08	1206.93	1409.70	1597.34	1771.65	1939.35	2101.15	mai - 2017	577.88	808.07	1038.26	1261.43	1467.87	1657.84	1832.88	2002.26
jun - 2012	41.25	308.87	576.49	842.16	1107.48	1372.13	1634.63	1896.20	jun - 2017	28.01	295.63	563.25	830.64	1097.38	1362.80	1625.64	1887.84
jul - 2012	0.57	285.21	569.85	854.49	1139.13	1423.77	1708.41	1993.06	jul - 2017	3.93	288.57	573.21	857.64	1142.07	1426.36	1710.23	1993.96
ago - 2012	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95	ago - 2017	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set - 2012	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31	set - 2017	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out - 2012	0.30	134.87	269.44	404.02	538.59	673.16	807.74	942.31	out - 2017	0.48	135.05	269.62	404.20	538.77	673.34	807.92	942.49
nov - 2012	201.55	258.75	315.95	373.15	430.35	487.20	543.43	598.41	nov - 2017	0.00	57.20	114.40	171.60	228.79	285.99	343.19	400.39
dez - 2012	884.82	951.99	1019.16	1083.71	1144.27	1201.12	1256.99	1312.00	dez - 2017	0.00	67.17	134.34	201.52	268.69	335.86	403.03	470.20
jan - 2013	2238.29	2294.20	2349.61	2399.74	2448.00	2494.81	2540.80	2584.59	jan - 2018	31.24	114.80	198.36	281.92	365.47	449.03	532.59	616.15
fev - 2013	1469.13	1525.73	1577.08	1627.42	1677.31	1727.15	1776.99	1826.81	fev - 2018	25.09	106.73	188.37	270.01	351.65	433.29	514.22	593.70
mar - 2013	940.45	1070.80	1201.14	1331.49	1461.83	1592.18	1722.52	1852.87	mar - 2018	4586.85	4628.64	4650.98	4667.11	4681.13	4692.92	4703.98	4713.90
abr - 2013	736.26	926.33	1107.37	1285.84	1462.94	1639.09	1813.71	1987.14	abr - 2018	4631.49	4667.36	4682.85	4693.89	4701.20	4705.24	4707.99	4710.40
mai - 2013	871.78	1101.36	1329.04	1546.16	1736.83	1921.12	2099.42	2274.20	mai - 2018	1726.47	1956.66	2186.85	2414.08	2633.87	2798.98	2885.66	2952.87
jun - 2013	338.20	605.25	872.19	1131.04	1366.93	1594.83	1817.93	2038.26	jun - 2018	817.83	1085.45	1353.07	1620.69	1888.31	2095.88	2220.69	2331.85
jul - 2013	5.00	289.64	574.28	858.92	1143.57	1428.07	1711.88	1995.17	jul - 2018	144.10	428.74	713.38	998.02	1282.66	1556.10	1813.65	2068.50
ago - 2013	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95	ago - 2018	6.36	273.35	540.34	807.34	1074.33	1341.19	1607.59	1873.91
set - 2013	0.38	190.28	380.18	570.08	759.98	949.88	1139.78	1329.69	set - 2018	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out - 2013	137.87	272.45	407.02	541.59	676.17	810.74	944.88	1078.33	out - 2018	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01
nov - 2013	401.20	458.40	515.59	572.79	629.99	684.37	736.52	787.28	nov - 2018	80.37	137.57	194.76	251.96	309.16	366.36	423.56	480.76
dez - 2013	1288.34	1346.17	1403.99	1461.82	1519.41	1575.72	1627.82	1678.04	dez - 2018	948.02	1015.19	1082.37	1147.68	1207.36	1262.02	1315.11	1367.15
jan - 2014	5098.75	5100.71	5102.62	5104.45	5106.27	5107.95	5109.52	5110.92	jan - 2019	1034.76	1118.32	1201.88	1278.43	1350.36	1420.21	1488.26	1555.45
fev - 2014	4636.94	4637.65	4638.36	4639.07	4639.71	4640.34	4640.98	4641.60	fev - 2019	1792.71	1873.03	1946.80	2006.64	2061.26	2111.61	2159.02	2204.08
mar - 2014	3850.87	3939.94	4007.44	4051.17	4087.13	4111.38	4127.25	4139.46	mar - 2019	1843.27	2000.05	2131.65	2232.05	2324.48	2412.69	2489.43	2561.13
abr - 2014	3370.30	3499.87	3592.02	3671.55	3741.29	3794.41	3828.80	3853.33	abr - 2019	1507.23	1702.75	1874.01	2016.15	2149.75	2273.92	2387.28	2496.06
mai - 2014	986.98	1217.18	1447.37	1677.56	1907.30	2088.27	2210.50	2319.90	mai - 2019	1093.19	1323.38	1530.98	1709.69	1880.27	2045.28	2205.16	2360.17
jun - 2014	236.40	504.02	771.64	1038.88	1305.23	1553.14	1782.14	2006.06	jun - 2019	148.02	415.64	681.17	943.04	1197.44	1446.85	1691.00	1932.14
jul - 2014	49.42	334.06	618.70	903.34	1187.98	1470.00	1746.54	2020.20	jul - 2019	1.87	286.51	571.15	855.79	1140.43	1425.01	1709.30	1993.34
ago - 2014	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95	ago - 2019	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set - 2014	14.40	204.30	394.20	584.10	773.95	963.68	1153.40	1343.12	set - 2019	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out - 2014	92.43	227.00	361.57	495.14	626.84	758.17	888.90	1019.06	out - 2019	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01
nov - 2014	8.59	65.79	122.98	180.18	237.38	294.58	351.78	408.98	nov - 2019	91.95	149.15	206.35	263.55	320.74	377.94	435.14	492.34
dez - 2014	3509.08	3555.79	3590.96	3621.03	3646.09	3665.43	3681.08	3693.91	dez - 2019	3778.15	3820.37	3853.65	3884.51	3913.19	3939.64	3963.31	3985.04
jan - 2015	2464.33	2547.89	2630.48	2707.53	2768.58	2815.14	2857.35	2888.94	jan - 2020	4954.61	4962.84	4970.09	4977.28	4982.87	4987.43	4990.67	4992.80
fev - 2015	2675.79	2756.06	2832.08	2896.73	2938.04	2969.53	2993.42	3010.78	fev - 2020	3043.57	3121.80	3195.76	3267.11	3335.20	3391.11	3435.17	3469.16
mar - 2015	1563.30	1721.72	1880.15	2031.04	2139.32	2231.76	2297.61	2349.24	mar - 2020	3105.74	3252.79	3375.20	3471.41	3535.29	3574.38	3601.07	3622.18
abr - 2015	969.85	1169.10	1368.34	1547.68	1691.60	1821.35	1927.89	2023.60	abr - 2020	4223.43	4324.69	4363.31	4394.84	4417.76	4430.50	4438.96	4446.08
mai - 2015	470.33	700.52	930.71	1154.63	1365.14	1562.79	1747.47	1926.76	mai - 2020	2611.48	2834.05	3045.59	3223.53	3358.56	3432.72	3486.40	3526.69
jun - 2015	27.64	295.26	562.88	830.50	1098.12	1364.04	1627.68	1890.65	jun - 2020	798.05	1063.70	1321.79	1548.84	1753.37	1944.69	2123.60	2295.44
jul - 2015	2.65	287.29	571.93	856.57	1141.22	1425.69	1709.92	1993.95	jul - 2020	29.78	314.42	599.06	883.70	1168.35	1451.86	1733.02	2013.20
ago - 2015	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95	ago - 2020	0.00	266.99	533.99	800.98	1067.97	1334.97	1601.96	1868.95
set - 2015	10.66	200.56	390.46	580.36	770.26	960.16	1149.85	1338.87	set - 2020	0.00	189.90	379.80	569.70	759.60	949.51	1139.41	1329.31
out - 2015	0.00	134.57	269.15	403.72	538.29	672.87	807.44	942.01	out - 2020	152.76	287.33	421.90	556.48	691.05	825.62	959.67	1088.62
nov - 2015	139.80	197.00	254.20	311.40	368.60	425.80	482.99	540.19	nov - 2020	1836.48	1893.53	1949.69	2003.70	2055.19	2104.61	2148.16	2188.28
dez - 2015	266.04	333.21	400.39	467.56	534.73	601.90	669.07	735.78	dez - 2020	4668.32	4703.41	4720.72	4730.08	4734.12	4736.48	4738.58	4740.06
jan - 2016	4658.66	4668.27	4677.10	4684.93	4691.56	4696.03	4700.10	4703.90	jan - 2021	3645.11	3695.15	3738.18	3776.60	3809.25	3839.18	3867.44	3892.89
fev - 2016	4667.56	4668.57	4668.85	4669.03	4669.11	4669.16	4669.22	4669.25	fev - 2021	4457.79	4470.62	4471.92	4472.73	4473.47	4474.17	4474.85	4475.52
mar - 2016	4005.47	4096.15	4149.59	4178.42	4200.05	4218.30	4235.21	4251.01	mar - 2021	3645.17	3751.70	3841.67	3914.19	3970.67	4006.10	4028.89	4046.87
abr - 2016	4070.45	4179.69	4263.17	4302.74	4322.20	4335.72	4343.99	4350.88	abr - 2021	1828.40	2027.64	2226.89	2425.47	2622.05	2768.70	2837.32	2889.13
mai - 2016	4637.47	4752.61	4777.56	4786.80	4791.32	4794.96	4797.82	4799.58	mai - 2021	844.37	1074.56	1304.75	1534.95	1760.57	1934.35	2092.51	2241.24
jun - 2016	1280.80	1548.42	1808.63	205													



*Tabela 30: TIR para custo unitário do equipamento de 650 €/kWp e preço de energia pessimista, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Covas do Barroso.*

Período		Potência instalada							Melhor TIR
Ano de início	Ano de fim	1 MWp	2 MWp	3 MWp	4 MWp	5 MWp	6 MWp	7 MWp	
1957	1986	-1.05%	-0.45%	-0.33%	-0.39%	-0.59%	-1.08%	-1.75%	-0.33%
1958	1987	-1.06%	-0.46%	-0.34%	-0.40%	-0.60%	-1.09%	-1.78%	-0.34%
1959	1988	-1.03%	-0.42%	-0.29%	-0.34%	-0.52%	-0.99%	-1.65%	-0.29%
1960	1989	-0.93%	-0.31%	-0.18%	-0.22%	-0.39%	-0.84%	-1.49%	-0.18%
1961	1990	-0.89%	-0.26%	-0.12%	-0.15%	-0.31%	-0.76%	-1.38%	-0.12%
1962	1991	-0.81%	-0.17%	-0.02%	-0.04%	-0.20%	-0.63%	-1.24%	-0.02%
1963	1992	-0.73%	-0.08%	0.08%	0.07%	-0.08%	-0.51%	-1.11%	0.08%
1964	1993	-0.70%	-0.05%	0.12%	0.10%	-0.04%	-0.48%	-1.10%	0.12%
1965	1994	-0.69%	-0.04%	0.12%	0.11%	-0.04%	-0.46%	-1.08%	0.12%
1966	1995	-0.62%	0.05%	0.21%	0.20%	0.06%	-0.37%	-0.99%	0.21%
1967	1996	-0.62%	0.04%	0.21%	0.20%	0.07%	-0.36%	-0.98%	0.21%
1968	1997	-0.64%	0.02%	0.19%	0.18%	0.03%	-0.40%	-1.04%	0.19%
1969	1998	-0.54%	0.14%	0.32%	0.33%	0.19%	-0.24%	-0.87%	0.33%
1970	1999	-0.55%	0.13%	0.31%	0.31%	0.17%	-0.26%	-0.90%	0.31%
1971	2000	-0.62%	0.05%	0.23%	0.22%	0.09%	-0.34%	-0.99%	0.23%
1972	2001	-0.63%	0.05%	0.22%	0.22%	0.08%	-0.35%	-0.99%	0.22%
1973	2002	-0.65%	0.02%	0.19%	0.18%	0.03%	-0.41%	-1.06%	0.19%
1974	2003	-0.62%	0.05%	0.22%	0.20%	0.07%	-0.36%	-1.00%	0.22%
1975	2004	-0.62%	0.05%	0.21%	0.20%	0.06%	-0.36%	-0.98%	0.21%
1976	2005	-0.64%	0.02%	0.17%	0.15%	0.00%	-0.42%	-1.03%	0.17%
1977	2006	-0.61%	0.05%	0.21%	0.20%	0.05%	-0.37%	-0.97%	0.21%
1978	2007	-0.57%	0.10%	0.27%	0.26%	0.12%	-0.29%	-0.88%	0.27%
1979	2008	-0.47%	0.22%	0.40%	0.40%	0.28%	-0.11%	-0.69%	0.40%
1980	2009	-0.53%	0.16%	0.34%	0.34%	0.22%	-0.16%	-0.73%	0.34%
1981	2010	-0.55%	0.13%	0.30%	0.30%	0.19%	-0.20%	-0.76%	0.30%
1982	2011	-0.54%	0.15%	0.32%	0.32%	0.20%	-0.17%	-0.71%	0.32%
1983	2012	-0.53%	0.15%	0.33%	0.32%	0.20%	-0.17%	-0.71%	0.33%
1984	2013	-0.57%	0.11%	0.29%	0.29%	0.17%	-0.20%	-0.73%	0.29%
1985	2014	-0.52%	0.18%	0.36%	0.37%	0.26%	-0.09%	-0.61%	0.37%
1986	2015	-0.58%	0.12%	0.31%	0.31%	0.21%	-0.16%	-0.69%	0.31%
1987	2016	-0.57%	0.13%	0.31%	0.32%	0.22%	-0.14%	-0.66%	0.32%
Dados reais entre 2005 e 2020		-0.24%	0.26%	0.36%	0.32%	0.19%	-0.06%	-0.50%	0.36%

*Tabela 31: TIR para custo unitário do equipamento de 715 €/kWp e preço de energia pessimista, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Covas do Barroso.*

Período		Potência instalada							Melhor TIR
Ano de início	Ano de fim	1 MWp	2 MWp	3 MWp	4 MWp	5 MWp	6 MWp	7 MWp	
1957	1986	-1.70%	-1.18%	-1.09%	-1.16%	-1.36%	-1.85%	-2.52%	-1.09%
1958	1987	-1.71%	-1.19%	-1.10%	-1.18%	-1.38%	-1.87%	-2.55%	-1.10%
1959	1988	-1.67%	-1.15%	-1.05%	-1.11%	-1.29%	-1.76%	-2.41%	-1.05%
1960	1989	-1.58%	-1.05%	-0.94%	-0.99%	-1.17%	-1.62%	-2.25%	-0.94%
1961	1990	-1.54%	-0.99%	-0.88%	-0.93%	-1.10%	-1.53%	-2.15%	-0.88%
1962	1991	-1.47%	-0.91%	-0.79%	-0.83%	-0.98%	-1.41%	-2.01%	-0.79%
1963	1992	-1.39%	-0.82%	-0.69%	-0.72%	-0.87%	-1.29%	-1.89%	-0.69%
1964	1993	-1.36%	-0.79%	-0.66%	-0.69%	-0.84%	-1.27%	-1.88%	-0.66%
1965	1994	-1.35%	-0.78%	-0.65%	-0.68%	-0.83%	-1.25%	-1.86%	-0.65%
1966	1995	-1.29%	-0.71%	-0.57%	-0.60%	-0.74%	-1.16%	-1.77%	-0.57%
1967	1996	-1.29%	-0.71%	-0.57%	-0.59%	-0.73%	-1.15%	-1.77%	-0.57%
1968	1997	-1.30%	-0.73%	-0.60%	-0.62%	-0.77%	-1.20%	-1.83%	-0.60%
1969	1998	-1.21%	-0.62%	-0.47%	-0.49%	-0.62%	-1.05%	-1.67%	-0.47%
1970	1999	-1.22%	-0.63%	-0.49%	-0.51%	-0.65%	-1.07%	-1.70%	-0.49%
1971	2000	-1.30%	-0.71%	-0.57%	-0.59%	-0.73%	-1.16%	-1.80%	-0.57%
1972	2001	-1.30%	-0.71%	-0.57%	-0.59%	-0.73%	-1.16%	-1.79%	-0.57%
1973	2002	-1.32%	-0.74%	-0.61%	-0.63%	-0.78%	-1.22%	-1.86%	-0.61%
1974	2003	-1.29%	-0.71%	-0.58%	-0.60%	-0.75%	-1.17%	-1.80%	-0.58%
1975	2004	-1.29%	-0.71%	-0.58%	-0.60%	-0.74%	-1.16%	-1.76%	-0.58%
1976	2005	-1.31%	-0.73%	-0.61%	-0.64%	-0.79%	-1.21%	-1.81%	-0.61%
1977	2006	-1.28%	-0.70%	-0.57%	-0.61%	-0.75%	-1.16%	-1.76%	-0.57%
1978	2007	-1.23%	-0.65%	-0.52%	-0.55%	-0.68%	-1.09%	-1.67%	-0.52%
1979	2008	-1.14%	-0.54%	-0.40%	-0.41%	-0.54%	-0.92%	-1.48%	-0.40%
1980	2009	-1.21%	-0.61%	-0.47%	-0.48%	-0.60%	-0.98%	-1.54%	-0.47%
1981	2010	-1.23%	-0.63%	-0.49%	-0.51%	-0.63%	-1.02%	-1.57%	-0.49%
1982	2011	-1.21%	-0.61%	-0.48%	-0.49%	-0.61%	-0.98%	-1.51%	-0.48%
1983	2012	-1.21%	-0.62%	-0.48%	-0.50%	-0.62%	-0.99%	-1.52%	-0.48%
1984	2013	-1.25%	-0.66%	-0.52%	-0.53%	-0.66%	-1.02%	-1.54%	-0.52%
1985	2014	-1.20%	-0.60%	-0.45%	-0.46%	-0.57%	-0.93%	-1.44%	-0.45%
1986	2015	-1.27%	-0.66%	-0.52%	-0.53%	-0.64%	-1.01%	-1.53%	-0.52%
1987	2016	-1.26%	-0.65%	-0.50%	-0.51%	-0.63%	-0.98%	-1.49%	-0.50%
Dados reais entre 2005 e 2020		-0.93%	-0.51%	-0.45%	-0.50%	-0.64%	-0.89%	-1.33%	-0.45%

*Tabela 32: TIR para custo unitário do equipamento de 650 €/kWp e preço de energia intermédio, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Covas do Barroso.*

Período		Potência instalada							Melhor TIR
Ano de início	Ano de fim	1 MWp	2 MWp	3 MWp	4 MWp	5 MWp	6 MWp	7 MWp	
1957	1986	4.05%	4.79%	4.97%	4.95%	4.79%	4.39%	3.84%	4.97%
1958	1987	4.03%	4.78%	4.95%	4.94%	4.78%	4.39%	3.85%	4.95%
1959	1988	4.05%	4.80%	4.98%	4.98%	4.85%	4.47%	3.94%	4.98%
1960	1989	4.13%	4.90%	5.09%	5.09%	4.96%	4.58%	4.06%	5.09%
1961	1990	4.19%	4.96%	5.16%	5.17%	5.04%	4.67%	4.16%	5.17%
1962	1991	4.26%	5.05%	5.26%	5.28%	5.16%	4.79%	4.29%	5.28%
1963	1992	4.35%	5.15%	5.37%	5.39%	5.28%	4.91%	4.40%	5.39%
1964	1993	4.39%	5.20%	5.43%	5.46%	5.34%	4.97%	4.45%	5.46%
1965	1994	4.37%	5.17%	5.39%	5.41%	5.28%	4.90%	4.37%	5.41%
1966	1995	4.47%	5.29%	5.52%	5.55%	5.43%	5.05%	4.51%	5.55%
1967	1996	4.48%	5.29%	5.52%	5.55%	5.44%	5.06%	4.52%	5.55%
1968	1997	4.47%	5.28%	5.51%	5.54%	5.43%	5.05%	4.50%	5.54%
1969	1998	4.59%	5.44%	5.69%	5.74%	5.64%	5.27%	4.71%	5.74%
1970	1999	4.58%	5.43%	5.67%	5.72%	5.62%	5.23%	4.68%	5.72%
1971	2000	4.51%	5.35%	5.59%	5.63%	5.54%	5.16%	4.61%	5.63%
1972	2001	4.51%	5.35%	5.58%	5.62%	5.53%	5.15%	4.60%	5.62%
1973	2002	4.48%	5.32%	5.55%	5.58%	5.48%	5.10%	4.55%	5.58%
1974	2003	4.51%	5.35%	5.58%	5.61%	5.51%	5.14%	4.60%	5.61%
1975	2004	4.50%	5.33%	5.56%	5.59%	5.48%	5.11%	4.58%	5.59%
1976	2005	4.46%	5.27%	5.49%	5.50%	5.39%	5.01%	4.47%	5.50%
1977	2006	4.52%	5.34%	5.56%	5.58%	5.46%	5.09%	4.56%	5.58%
1978	2007	4.56%	5.39%	5.62%	5.64%	5.54%	5.17%	4.66%	5.64%
1979	2008	4.66%	5.52%	5.76%	5.80%	5.70%	5.34%	4.83%	5.80%
1980	2009	4.62%	5.47%	5.71%	5.75%	5.67%	5.32%	4.82%	5.75%
1981	2010	4.56%	5.41%	5.64%	5.67%	5.58%	5.24%	4.74%	5.67%
1982	2011	4.55%	5.39%	5.62%	5.64%	5.55%	5.21%	4.73%	5.64%
1983	2012	4.60%	5.45%	5.68%	5.71%	5.61%	5.29%	4.82%	5.71%
1984	2013	4.57%	5.41%	5.65%	5.68%	5.59%	5.27%	4.81%	5.68%
1985	2014	4.65%	5.52%	5.77%	5.82%	5.74%	5.44%	4.99%	5.82%
1986	2015	4.63%	5.50%	5.76%	5.81%	5.75%	5.44%	4.98%	5.81%
1987	2016	4.64%	5.51%	5.77%	5.84%	5.78%	5.47%	5.01%	5.84%
Dados reais entre 2005 e 2020		4.91%	5.59%	5.76%	5.76%	5.67%	5.46%	5.09%	5.76%

*Tabela 33: TIR para custo unitário do equipamento de 715 €/kWp e preço de energia intermédio, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Covas do Barroso.*

Período		Potência instalada							Melhor TIR
Ano de início	Ano de fim	1 MWp	2 MWp	3 MWp	4 MWp	5 MWp	6 MWp	7 MWp	
1957	1986	3.33%	3.97%	4.12%	4.08%	3.93%	3.53%	3.01%	4.12%
1958	1987	3.32%	3.96%	4.11%	4.08%	3.92%	3.54%	3.01%	4.11%
1959	1988	3.34%	3.99%	4.14%	4.13%	3.99%	3.62%	3.10%	4.14%
1960	1989	3.42%	4.08%	4.24%	4.23%	4.09%	3.72%	3.22%	4.24%
1961	1990	3.47%	4.14%	4.30%	4.29%	4.16%	3.81%	3.31%	4.30%
1962	1991	3.53%	4.22%	4.39%	4.40%	4.28%	3.92%	3.43%	4.40%
1963	1992	3.62%	4.31%	4.50%	4.50%	4.38%	4.03%	3.53%	4.50%
1964	1993	3.66%	4.36%	4.55%	4.56%	4.44%	4.08%	3.57%	4.56%
1965	1994	3.63%	4.33%	4.51%	4.51%	4.39%	4.02%	3.51%	4.51%
1966	1995	3.73%	4.44%	4.63%	4.64%	4.52%	4.15%	3.63%	4.64%
1967	1996	3.74%	4.44%	4.63%	4.64%	4.53%	4.16%	3.64%	4.64%
1968	1997	3.73%	4.43%	4.62%	4.64%	4.52%	4.15%	3.62%	4.64%
1969	1998	3.84%	4.57%	4.78%	4.81%	4.71%	4.34%	3.81%	4.81%
1970	1999	3.83%	4.56%	4.76%	4.79%	4.68%	4.31%	3.78%	4.79%
1971	2000	3.76%	4.49%	4.68%	4.70%	4.60%	4.24%	3.71%	4.70%
1972	2001	3.76%	4.49%	4.68%	4.70%	4.60%	4.24%	3.71%	4.70%
1973	2002	3.73%	4.46%	4.65%	4.66%	4.56%	4.19%	3.66%	4.66%
1974	2003	3.76%	4.49%	4.68%	4.69%	4.59%	4.23%	3.71%	4.69%
1975	2004	3.76%	4.47%	4.66%	4.68%	4.57%	4.22%	3.70%	4.68%
1976	2005	3.72%	4.43%	4.61%	4.61%	4.49%	4.13%	3.61%	4.61%
1977	2006	3.77%	4.48%	4.67%	4.67%	4.56%	4.20%	3.69%	4.67%
1978	2007	3.82%	4.53%	4.72%	4.73%	4.62%	4.28%	3.78%	4.73%
1979	2008	3.91%	4.65%	4.85%	4.87%	4.77%	4.43%	3.93%	4.87%
1980	2009	3.86%	4.60%	4.80%	4.82%	4.73%	4.40%	3.92%	4.82%
1981	2010	3.81%	4.54%	4.74%	4.75%	4.66%	4.33%	3.85%	4.75%
1982	2011	3.81%	4.53%	4.72%	4.73%	4.63%	4.31%	3.85%	4.73%
1983	2012	3.85%	4.58%	4.77%	4.78%	4.68%	4.37%	3.92%	4.78%
1984	2013	3.81%	4.54%	4.74%	4.76%	4.66%	4.35%	3.91%	4.76%
1985	2014	3.89%	4.64%	4.85%	4.88%	4.80%	4.50%	4.06%	4.88%
1986	2015	3.86%	4.61%	4.83%	4.86%	4.79%	4.49%	4.05%	4.86%
1987	2016	3.87%	4.63%	4.84%	4.89%	4.82%	4.52%	4.08%	4.89%
Dados reais entre 2005 e 2020		4.14%	4.71%	4.84%	4.83%	4.73%	4.53%	4.16%	4.84%

*Tabela 34: TIR para custo unitário do equipamento de 650 €/kWp e preço de energia otimista, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Covas do Barroso.*

Período		Potência instalada							Melhor TIR
Ano de início	Ano de fim	1 MWp	2 MWp	3 MWp	4 MWp	5 MWp	6 MWp	7 MWp	
1957	1986	8.43%	9.41%	9.65%	9.64%	9.45%	8.98%	8.37%	9.65%
1958	1987	8.36%	9.33%	9.57%	9.55%	9.38%	8.93%	8.33%	9.57%
1959	1988	8.34%	9.30%	9.56%	9.57%	9.42%	8.99%	8.40%	9.57%
1960	1989	8.48%	9.48%	9.75%	9.76%	9.61%	9.18%	8.59%	9.76%
1961	1990	8.54%	9.55%	9.82%	9.84%	9.70%	9.29%	8.72%	9.84%
1962	1991	8.64%	9.68%	9.97%	10.01%	9.87%	9.46%	8.89%	10.01%
1963	1992	8.77%	9.82%	10.13%	10.17%	10.04%	9.62%	9.03%	10.17%
1964	1993	8.85%	9.93%	10.24%	10.29%	10.17%	9.74%	9.14%	10.29%
1965	1994	8.79%	9.85%	10.15%	10.19%	10.05%	9.60%	8.99%	10.19%
1966	1995	9.00%	10.09%	10.40%	10.45%	10.33%	9.88%	9.26%	10.45%
1967	1996	8.98%	10.06%	10.37%	10.43%	10.30%	9.87%	9.24%	10.43%
1968	1997	8.95%	10.03%	10.34%	10.40%	10.27%	9.83%	9.20%	10.40%
1969	1998	9.16%	10.30%	10.66%	10.76%	10.67%	10.23%	9.58%	10.76%
1970	1999	9.17%	10.31%	10.66%	10.75%	10.65%	10.19%	9.53%	10.75%
1971	2000	9.09%	10.22%	10.56%	10.64%	10.56%	10.13%	9.49%	10.64%
1972	2001	9.05%	10.17%	10.51%	10.59%	10.49%	10.05%	9.39%	10.59%
1973	2002	9.02%	10.14%	10.47%	10.54%	10.44%	10.00%	9.35%	10.54%
1974	2003	9.04%	10.16%	10.48%	10.55%	10.45%	10.01%	9.37%	10.55%
1975	2004	9.00%	10.10%	10.42%	10.48%	10.36%	9.92%	9.28%	10.48%
1976	2005	8.90%	9.96%	10.26%	10.29%	10.15%	9.69%	9.04%	10.29%
1977	2006	9.00%	10.08%	10.38%	10.41%	10.27%	9.81%	9.17%	10.41%
1978	2007	9.06%	10.15%	10.46%	10.50%	10.37%	9.93%	9.31%	10.50%
1979	2008	9.24%	10.39%	10.73%	10.79%	10.68%	10.24%	9.61%	10.79%
1980	2009	9.18%	10.32%	10.66%	10.73%	10.64%	10.23%	9.62%	10.73%
1981	2010	9.10%	10.22%	10.54%	10.60%	10.50%	10.10%	9.50%	10.60%
1982	2011	9.06%	10.17%	10.48%	10.52%	10.41%	10.00%	9.43%	10.52%
1983	2012	9.17%	10.29%	10.61%	10.65%	10.54%	10.15%	9.60%	10.65%
1984	2013	9.12%	10.24%	10.56%	10.62%	10.52%	10.15%	9.61%	10.62%
1985	2014	9.27%	10.43%	10.78%	10.86%	10.79%	10.44%	9.91%	10.86%
1986	2015	9.28%	10.45%	10.82%	10.92%	10.87%	10.52%	9.98%	10.92%
1987	2016	9.28%	10.45%	10.83%	10.94%	10.89%	10.54%	9.99%	10.94%
Dados reais entre 2005 e 2020		9.59%	10.52%	10.75%	10.78%	10.69%	10.45%	10.02%	10.78%

*Tabela 35: TIR para custo unitário do equipamento de 715 €/kWp e preço de energia otimista, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Covas do Barroso.*

Período		Potência instalada							Melhor TIR
Ano de início	Ano de fim	1 MWp	2 MWp	3 MWp	4 MWp	5 MWp	6 MWp	7 MWp	
1957	1986	7.52%	8.36%	8.56%	8.53%	8.35%	7.90%	7.32%	8.56%
1958	1987	7.47%	8.30%	8.49%	8.46%	8.29%	7.86%	7.29%	8.49%
1959	1988	7.45%	8.28%	8.49%	8.49%	8.34%	7.92%	7.36%	8.49%
1960	1989	7.59%	8.44%	8.66%	8.65%	8.50%	8.09%	7.53%	8.66%
1961	1990	7.64%	8.51%	8.73%	8.73%	8.59%	8.19%	7.65%	8.73%
1962	1991	7.73%	8.62%	8.86%	8.88%	8.74%	8.35%	7.80%	8.88%
1963	1992	7.85%	8.75%	9.00%	9.03%	8.89%	8.49%	7.93%	9.03%
1964	1993	7.92%	8.84%	9.10%	9.13%	9.00%	8.59%	8.02%	9.13%
1965	1994	7.87%	8.78%	9.03%	9.04%	8.90%	8.48%	7.90%	9.04%
1966	1995	8.06%	8.99%	9.24%	9.27%	9.15%	8.72%	8.13%	9.27%
1967	1996	8.04%	8.97%	9.22%	9.25%	9.13%	8.71%	8.12%	9.25%
1968	1997	8.01%	8.94%	9.20%	9.23%	9.10%	8.69%	8.09%	9.23%
1969	1998	8.20%	9.18%	9.47%	9.54%	9.44%	9.02%	8.41%	9.54%
1970	1999	8.21%	9.18%	9.47%	9.53%	9.42%	8.99%	8.37%	9.53%
1971	2000	8.13%	9.09%	9.37%	9.43%	9.34%	8.93%	8.32%	9.43%
1972	2001	8.10%	9.06%	9.33%	9.39%	9.28%	8.86%	8.24%	9.39%
1973	2002	8.07%	9.03%	9.30%	9.35%	9.24%	8.82%	8.20%	9.35%
1974	2003	8.09%	9.05%	9.31%	9.36%	9.25%	8.83%	8.23%	9.36%
1975	2004	8.06%	9.00%	9.26%	9.30%	9.18%	8.76%	8.16%	9.30%
1976	2005	7.97%	8.89%	9.13%	9.14%	9.00%	8.56%	7.96%	9.14%
1977	2006	8.06%	8.99%	9.23%	9.25%	9.11%	8.67%	8.08%	9.25%
1978	2007	8.11%	9.05%	9.30%	9.33%	9.20%	8.78%	8.19%	9.33%
1979	2008	8.28%	9.26%	9.54%	9.58%	9.46%	9.05%	8.46%	9.58%
1980	2009	8.22%	9.20%	9.48%	9.52%	9.43%	9.03%	8.47%	9.52%
1981	2010	8.15%	9.11%	9.37%	9.41%	9.31%	8.92%	8.36%	9.41%
1982	2011	8.12%	9.07%	9.32%	9.34%	9.23%	8.85%	8.31%	9.34%
1983	2012	8.21%	9.17%	9.43%	9.46%	9.34%	8.98%	8.45%	9.46%
1984	2013	8.17%	9.12%	9.39%	9.42%	9.32%	8.97%	8.47%	9.42%
1985	2014	8.30%	9.29%	9.58%	9.64%	9.56%	9.22%	8.72%	9.64%
1986	2015	8.30%	9.30%	9.61%	9.68%	9.62%	9.28%	8.77%	9.68%
1987	2016	8.30%	9.31%	9.61%	9.70%	9.63%	9.30%	8.78%	9.70%
Dados reais entre 2005 e 2020		8.60%	9.37%	9.56%	9.56%	9.46%	9.23%	8.82%	9.56%

*Tabela 36: TIR para custo unitário do equipamento de 650 €/kWp e preço de energia pessimista, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Pinhel.*

Período		Potência instalada							Melhor TIR
Ano de início	Ano de fim	1 MWp	2 MWp	3 MWp	4 MWp	5 MWp	6 MWp	7 MWp	
1955	1984	-2.20%	-1.11%	-0.69%	-0.47%	-0.55%	-0.72%	-0.88%	-0.47%
1956	1985	-2.11%	-1.01%	-0.58%	-0.36%	-0.44%	-0.60%	-0.76%	-0.36%
1957	1986	-2.15%	-1.06%	-0.64%	-0.42%	-0.50%	-0.66%	-0.82%	-0.42%
1958	1987	-2.22%	-1.13%	-0.70%	-0.48%	-0.58%	-0.74%	-0.91%	-0.48%
1959	1988	-2.14%	-1.05%	-0.63%	-0.40%	-0.49%	-0.66%	-0.82%	-0.40%
1960	1989	-2.08%	-0.97%	-0.54%	-0.32%	-0.40%	-0.57%	-0.73%	-0.32%
1961	1990	-2.12%	-1.01%	-0.59%	-0.36%	-0.44%	-0.60%	-0.76%	-0.36%
1962	1991	-2.03%	-0.93%	-0.50%	-0.28%	-0.35%	-0.50%	-0.65%	-0.28%
1963	1992	-1.91%	-0.81%	-0.38%	-0.15%	-0.22%	-0.37%	-0.52%	-0.15%
1964	1993	-1.93%	-0.81%	-0.37%	-0.14%	-0.21%	-0.36%	-0.51%	-0.14%
1965	1994	-1.88%	-0.76%	-0.33%	-0.10%	-0.17%	-0.32%	-0.47%	-0.10%
1966	1995	-1.84%	-0.70%	-0.26%	-0.02%	-0.09%	-0.24%	-0.39%	-0.02%
1967	1996	-1.82%	-0.69%	-0.25%	-0.01%	-0.08%	-0.22%	-0.37%	-0.01%
1968	1997	-1.84%	-0.70%	-0.26%	-0.02%	-0.09%	-0.23%	-0.38%	-0.02%
1969	1998	-1.71%	-0.56%	-0.12%	0.12%	0.06%	-0.07%	-0.21%	0.12%
1970	1999	-1.71%	-0.57%	-0.12%	0.11%	0.06%	-0.06%	-0.20%	0.11%
1971	2000	-1.67%	-0.49%	-0.03%	0.21%	0.17%	0.05%	-0.08%	0.21%
1972	2001	-1.69%	-0.52%	-0.06%	0.19%	0.14%	0.02%	-0.11%	0.19%
1973	2002	-1.79%	-0.60%	-0.13%	0.12%	0.08%	-0.04%	-0.17%	0.12%
1974	2003	-1.77%	-0.58%	-0.12%	0.13%	0.10%	-0.01%	-0.13%	0.13%
1975	2004	-1.74%	-0.57%	-0.11%	0.13%	0.11%	0.01%	-0.10%	0.13%
1976	2005	-1.80%	-0.65%	-0.19%	0.04%	0.02%	-0.09%	-0.20%	0.04%
1977	2006	-1.81%	-0.65%	-0.20%	0.04%	0.01%	-0.09%	-0.21%	0.04%
1978	2007	-1.72%	-0.56%	-0.10%	0.14%	0.12%	0.02%	-0.09%	0.14%
1979	2008	-1.59%	-0.41%	0.05%	0.29%	0.28%	0.19%	0.09%	0.29%
1980	2009	-1.70%	-0.53%	-0.07%	0.17%	0.17%	0.08%	-0.02%	0.17%
1981	2010	-1.75%	-0.59%	-0.13%	0.11%	0.09%	0.00%	-0.10%	0.11%
Dados reais entre 2006 e 2020		-1.25%	-0.28%	-0.04%	-0.02%	-0.14%	-0.32%	-0.50%	-0.02%

*Tabela 37: TIR para custo unitário do equipamento de 715 €/kWp e preço de energia pessimista, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Pinhel.*

Período		Potência instalada							Melhor TIR
Ano de início	Ano de fim	1 MWp	2 MWp	3 MWp	4 MWp	5 MWp	6 MWp	7 MWp	
1955	1984	-2.74%	-1.76%	-1.39%	-1.20%	-1.30%	-1.47%	-1.63%	-1.20%
1956	1985	-2.65%	-1.67%	-1.29%	-1.10%	-1.19%	-1.35%	-1.52%	-1.10%
1957	1986	-2.69%	-1.72%	-1.34%	-1.15%	-1.24%	-1.40%	-1.57%	-1.15%
1958	1987	-2.76%	-1.78%	-1.41%	-1.21%	-1.32%	-1.49%	-1.67%	-1.21%
1959	1988	-2.68%	-1.70%	-1.33%	-1.13%	-1.23%	-1.40%	-1.57%	-1.13%
1960	1989	-2.62%	-1.63%	-1.25%	-1.06%	-1.15%	-1.32%	-1.49%	-1.06%
1961	1990	-2.66%	-1.67%	-1.30%	-1.10%	-1.19%	-1.36%	-1.52%	-1.10%
1962	1991	-2.57%	-1.59%	-1.21%	-1.01%	-1.10%	-1.25%	-1.41%	-1.01%
1963	1992	-2.45%	-1.47%	-1.09%	-0.89%	-0.97%	-1.12%	-1.27%	-0.89%
1964	1993	-2.49%	-1.48%	-1.09%	-0.89%	-0.98%	-1.13%	-1.28%	-0.89%
1965	1994	-2.42%	-1.43%	-1.04%	-0.85%	-0.92%	-1.07%	-1.23%	-0.85%
1966	1995	-2.39%	-1.38%	-0.99%	-0.78%	-0.86%	-1.02%	-1.17%	-0.78%
1967	1996	-2.38%	-1.37%	-0.97%	-0.77%	-0.85%	-0.99%	-1.14%	-0.77%
1968	1997	-2.39%	-1.38%	-0.99%	-0.78%	-0.86%	-1.01%	-1.16%	-0.78%
1969	1998	-2.27%	-1.25%	-0.85%	-0.65%	-0.71%	-0.85%	-0.99%	-0.65%
1970	1999	-2.27%	-1.25%	-0.86%	-0.65%	-0.71%	-0.84%	-0.98%	-0.65%
1971	2000	-2.24%	-1.19%	-0.78%	-0.57%	-0.63%	-0.76%	-0.89%	-0.57%
1972	2001	-2.27%	-1.22%	-0.81%	-0.60%	-0.66%	-0.79%	-0.92%	-0.60%
1973	2002	-2.37%	-1.30%	-0.89%	-0.68%	-0.73%	-0.86%	-0.99%	-0.68%
1974	2003	-2.35%	-1.29%	-0.88%	-0.67%	-0.71%	-0.83%	-0.95%	-0.67%
1975	2004	-2.31%	-1.26%	-0.86%	-0.65%	-0.69%	-0.80%	-0.92%	-0.65%
1976	2005	-2.37%	-1.33%	-0.94%	-0.73%	-0.77%	-0.88%	-1.00%	-0.73%
1977	2006	-2.38%	-1.34%	-0.94%	-0.74%	-0.78%	-0.89%	-1.01%	-0.74%
1978	2007	-2.29%	-1.25%	-0.85%	-0.64%	-0.68%	-0.78%	-0.90%	-0.64%
1979	2008	-2.16%	-1.11%	-0.71%	-0.49%	-0.52%	-0.62%	-0.73%	-0.49%
1980	2009	-2.27%	-1.23%	-0.82%	-0.61%	-0.64%	-0.73%	-0.84%	-0.61%
1981	2010	-2.31%	-1.28%	-0.88%	-0.67%	-0.70%	-0.80%	-0.91%	-0.67%
Dados reais entre 2006 e 2020		-1.82%	-0.98%	-0.79%	-0.80%	-0.93%	-1.13%	-1.31%	-0.79%



*Tabela 38: TIR para custo unitário do equipamento de 650 €/kWp e preço de energia intermédio, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Pinhel.*

Período		Potência instalada							Melhor TIR
Ano de início	Ano de fim	1 MWp	2 MWp	3 MWp	4 MWp	5 MWp	6 MWp	7 MWp	
1955	1984	2.73%	4.03%	4.53%	4.80%	4.76%	4.63%	4.50%	4.80%
1956	1985	2.83%	4.14%	4.66%	4.93%	4.89%	4.77%	4.64%	4.93%
1957	1986	2.73%	4.02%	4.53%	4.79%	4.75%	4.63%	4.50%	4.79%
1958	1987	2.69%	3.97%	4.48%	4.74%	4.69%	4.57%	4.43%	4.74%
1959	1988	2.75%	4.03%	4.53%	4.80%	4.75%	4.63%	4.50%	4.80%
1960	1989	2.83%	4.13%	4.64%	4.91%	4.87%	4.75%	4.62%	4.91%
1961	1990	2.81%	4.10%	4.61%	4.88%	4.84%	4.72%	4.60%	4.88%
1962	1991	2.87%	4.16%	4.67%	4.93%	4.90%	4.79%	4.67%	4.93%
1963	1992	2.97%	4.27%	4.78%	5.05%	5.02%	4.91%	4.80%	5.05%
1964	1993	3.01%	4.34%	4.86%	5.14%	5.11%	5.00%	4.88%	5.14%
1965	1994	2.99%	4.30%	4.81%	5.09%	5.05%	4.93%	4.81%	5.09%
1966	1995	3.09%	4.43%	4.96%	5.24%	5.21%	5.09%	4.96%	5.24%
1967	1996	3.11%	4.45%	4.97%	5.25%	5.22%	5.11%	4.99%	5.25%
1968	1997	3.11%	4.45%	4.98%	5.26%	5.23%	5.12%	5.00%	5.26%
1969	1998	3.22%	4.58%	5.12%	5.40%	5.38%	5.28%	5.16%	5.40%
1970	1999	3.20%	4.55%	5.08%	5.36%	5.34%	5.25%	5.14%	5.36%
1971	2000	3.31%	4.70%	5.26%	5.55%	5.54%	5.45%	5.35%	5.55%
1972	2001	3.31%	4.70%	5.25%	5.55%	5.54%	5.44%	5.34%	5.55%
1973	2002	3.25%	4.65%	5.21%	5.50%	5.50%	5.42%	5.32%	5.50%
1974	2003	3.26%	4.66%	5.22%	5.51%	5.53%	5.46%	5.37%	5.53%
1975	2004	3.27%	4.66%	5.21%	5.50%	5.52%	5.46%	5.37%	5.52%
1976	2005	3.19%	4.56%	5.10%	5.38%	5.40%	5.33%	5.24%	5.40%
1977	2006	3.21%	4.58%	5.12%	5.41%	5.43%	5.36%	5.28%	5.43%
1978	2007	3.32%	4.71%	5.26%	5.55%	5.58%	5.53%	5.46%	5.58%
1979	2008	3.44%	4.85%	5.41%	5.71%	5.75%	5.70%	5.62%	5.75%
1980	2009	3.35%	4.75%	5.31%	5.60%	5.64%	5.60%	5.53%	5.64%
1981	2010	3.24%	4.62%	5.17%	5.46%	5.49%	5.43%	5.36%	5.49%
Dados reais entre 2006 e 2020		3.68%	4.91%	5.27%	5.36%	5.31%	5.19%	5.07%	5.36%

*Tabela 39: TIR para custo unitário do equipamento de 715 €/kWp e preço de energia intermédio, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Pinhel.*

Período		Potência instalada							Melhor TIR
Ano de início	Ano de fim	1 MWp	2 MWp	3 MWp	4 MWp	5 MWp	6 MWp	7 MWp	
1955	1984	2.15%	3.30%	3.74%	3.98%	3.92%	3.79%	3.66%	3.98%
1956	1985	2.24%	3.40%	3.85%	4.09%	4.04%	3.91%	3.78%	4.09%
1957	1986	2.15%	3.29%	3.74%	3.97%	3.92%	3.79%	3.66%	3.97%
1958	1987	2.11%	3.25%	3.69%	3.92%	3.86%	3.73%	3.60%	3.92%
1959	1988	2.16%	3.31%	3.75%	3.98%	3.93%	3.80%	3.67%	3.98%
1960	1989	2.24%	3.40%	3.85%	4.08%	4.03%	3.90%	3.77%	4.08%
1961	1990	2.22%	3.37%	3.82%	4.05%	4.00%	3.88%	3.75%	4.05%
1962	1991	2.28%	3.43%	3.88%	4.11%	4.07%	3.95%	3.83%	4.11%
1963	1992	2.38%	3.54%	3.99%	4.23%	4.18%	4.07%	3.95%	4.23%
1964	1993	2.42%	3.60%	4.05%	4.29%	4.25%	4.14%	4.02%	4.29%
1965	1994	2.40%	3.57%	4.02%	4.25%	4.21%	4.09%	3.97%	4.25%
1966	1995	2.49%	3.68%	4.14%	4.39%	4.34%	4.22%	4.09%	4.39%
1967	1996	2.51%	3.70%	4.16%	4.40%	4.36%	4.24%	4.13%	4.40%
1968	1997	2.51%	3.70%	4.16%	4.41%	4.37%	4.25%	4.13%	4.41%
1969	1998	2.61%	3.82%	4.29%	4.53%	4.50%	4.40%	4.28%	4.53%
1970	1999	2.59%	3.79%	4.26%	4.50%	4.47%	4.37%	4.26%	4.50%
1971	2000	2.69%	3.92%	4.40%	4.66%	4.64%	4.54%	4.44%	4.66%
1972	2001	2.68%	3.92%	4.40%	4.66%	4.63%	4.53%	4.43%	4.66%
1973	2002	2.62%	3.86%	4.35%	4.60%	4.59%	4.50%	4.40%	4.60%
1974	2003	2.63%	3.88%	4.36%	4.62%	4.62%	4.54%	4.45%	4.62%
1975	2004	2.65%	3.88%	4.36%	4.61%	4.62%	4.54%	4.46%	4.62%
1976	2005	2.58%	3.79%	4.26%	4.51%	4.51%	4.43%	4.34%	4.51%
1977	2006	2.59%	3.81%	4.28%	4.53%	4.54%	4.46%	4.38%	4.54%
1978	2007	2.70%	3.93%	4.41%	4.66%	4.68%	4.62%	4.54%	4.68%
1979	2008	2.81%	4.06%	4.55%	4.81%	4.82%	4.76%	4.69%	4.82%
1980	2009	2.72%	3.96%	4.45%	4.70%	4.72%	4.67%	4.60%	4.72%
1981	2010	2.62%	3.85%	4.32%	4.58%	4.59%	4.53%	4.45%	4.59%
Dados reais entre 2006 e 2020		3.05%	4.12%	4.42%	4.48%	4.41%	4.28%	4.16%	4.48%

*Tabela 40: TIR para custo unitário do equipamento de 650 €/kWp e preço de energia otimista, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Pinhel.*

Período		Potência instalada							Melhor TIR
Ano de início	Ano de fim	1 MWp	2 MWp	3 MWp	4 MWp	5 MWp	6 MWp	7 MWp	
1955	1984	6.74%	8.40%	9.07%	9.42%	9.39%	9.26%	9.12%	9.42%
1956	1985	6.90%	8.61%	9.30%	9.67%	9.65%	9.52%	9.37%	9.67%
1957	1986	6.73%	8.38%	9.05%	9.40%	9.37%	9.24%	9.10%	9.40%
1958	1987	6.67%	8.31%	8.96%	9.31%	9.27%	9.14%	8.99%	9.31%
1959	1988	6.71%	8.35%	9.01%	9.35%	9.32%	9.19%	9.05%	9.35%
1960	1989	6.85%	8.52%	9.19%	9.55%	9.52%	9.38%	9.24%	9.55%
1961	1990	6.79%	8.44%	9.11%	9.46%	9.43%	9.31%	9.18%	9.46%
1962	1991	6.84%	8.48%	9.14%	9.49%	9.47%	9.36%	9.23%	9.49%
1963	1992	6.94%	8.60%	9.27%	9.62%	9.60%	9.48%	9.35%	9.62%
1964	1993	7.05%	8.75%	9.43%	9.80%	9.78%	9.65%	9.52%	9.80%
1965	1994	6.99%	8.65%	9.32%	9.67%	9.64%	9.50%	9.35%	9.67%
1966	1995	7.19%	8.92%	9.61%	9.98%	9.94%	9.80%	9.65%	9.98%
1967	1996	7.18%	8.90%	9.58%	9.95%	9.92%	9.78%	9.64%	9.95%
1968	1997	7.18%	8.89%	9.58%	9.94%	9.92%	9.79%	9.65%	9.94%
1969	1998	7.34%	9.09%	9.79%	10.17%	10.16%	10.03%	9.90%	10.17%
1970	1999	7.29%	9.02%	9.71%	10.08%	10.07%	9.96%	9.83%	10.08%
1971	2000	7.54%	9.36%	10.09%	10.48%	10.49%	10.39%	10.27%	10.49%
1972	2001	7.54%	9.36%	10.09%	10.48%	10.48%	10.37%	10.24%	10.48%
1973	2002	7.53%	9.36%	10.09%	10.49%	10.51%	10.42%	10.31%	10.51%
1974	2003	7.53%	9.35%	10.09%	10.48%	10.53%	10.46%	10.37%	10.53%
1975	2004	7.51%	9.32%	10.05%	10.44%	10.49%	10.43%	10.34%	10.49%
1976	2005	7.35%	9.12%	9.82%	10.20%	10.24%	10.17%	10.07%	10.24%
1977	2006	7.38%	9.15%	9.86%	10.24%	10.28%	10.21%	10.12%	10.28%
1978	2007	7.54%	9.36%	10.09%	10.48%	10.54%	10.50%	10.43%	10.54%
1979	2008	7.76%	9.63%	10.39%	10.80%	10.88%	10.83%	10.76%	10.88%
1980	2009	7.61%	9.46%	10.20%	10.60%	10.68%	10.65%	10.59%	10.68%
1981	2010	7.45%	9.26%	9.98%	10.37%	10.44%	10.40%	10.33%	10.44%
Dados reais entre 2006 e 2020		7.94%	9.57%	10.09%	10.24%	10.22%	10.12%	10.01%	10.24%

*Tabela 41: TIR para custo unitário do equipamento de 715 €/kWp e preço de energia otimista, relativa à produção de energia solar num determinado período de 30 anos em função da potência instalada no AHE de Pinhel.*

Período		Potência instalada							Melhor TIR
Ano de início	Ano de fim	1 MWp	2 MWp	3 MWp	4 MWp	5 MWp	6 MWp	7 MWp	
1955	1984	6.02%	7.48%	8.06%	8.36%	8.32%	8.18%	8.04%	8.36%
1956	1985	6.17%	7.67%	8.26%	8.58%	8.54%	8.40%	8.26%	8.58%
1957	1986	6.01%	7.47%	8.05%	8.35%	8.30%	8.17%	8.03%	8.35%
1958	1987	5.96%	7.40%	7.97%	8.27%	8.22%	8.08%	7.93%	8.27%
1959	1988	6.01%	7.45%	8.02%	8.32%	8.27%	8.14%	7.99%	8.32%
1960	1989	6.13%	7.60%	8.18%	8.49%	8.44%	8.30%	8.16%	8.49%
1961	1990	6.08%	7.54%	8.11%	8.41%	8.37%	8.24%	8.11%	8.41%
1962	1991	6.13%	7.58%	8.15%	8.45%	8.41%	8.30%	8.17%	8.45%
1963	1992	6.22%	7.69%	8.27%	8.57%	8.53%	8.41%	8.28%	8.57%
1964	1993	6.32%	7.82%	8.41%	8.72%	8.68%	8.55%	8.42%	8.72%
1965	1994	6.27%	7.74%	8.32%	8.62%	8.57%	8.43%	8.29%	8.62%
1966	1995	6.45%	7.97%	8.57%	8.88%	8.83%	8.69%	8.54%	8.88%
1967	1996	6.45%	7.95%	8.55%	8.86%	8.82%	8.68%	8.54%	8.86%
1968	1997	6.44%	7.95%	8.55%	8.86%	8.82%	8.69%	8.55%	8.86%
1969	1998	6.59%	8.13%	8.74%	9.06%	9.03%	8.90%	8.77%	9.06%
1970	1999	6.54%	8.07%	8.67%	8.98%	8.96%	8.84%	8.71%	8.98%
1971	2000	6.77%	8.36%	8.99%	9.32%	9.32%	9.21%	9.09%	9.32%
1972	2001	6.76%	8.36%	8.99%	9.32%	9.31%	9.19%	9.07%	9.32%
1973	2002	6.74%	8.35%	8.98%	9.32%	9.32%	9.22%	9.11%	9.32%
1974	2003	6.75%	8.35%	8.98%	9.32%	9.34%	9.27%	9.17%	9.34%
1975	2004	6.73%	8.32%	8.95%	9.28%	9.31%	9.24%	9.15%	9.31%
1976	2005	6.60%	8.15%	8.76%	9.08%	9.10%	9.02%	8.92%	9.10%
1977	2006	6.62%	8.18%	8.79%	9.12%	9.14%	9.06%	8.97%	9.14%
1978	2007	6.77%	8.36%	8.99%	9.32%	9.36%	9.31%	9.23%	9.36%
1979	2008	6.96%	8.60%	9.25%	9.60%	9.65%	9.59%	9.51%	9.65%
1980	2009	6.82%	8.44%	9.08%	9.42%	9.47%	9.43%	9.36%	9.47%
1981	2010	6.69%	8.27%	8.89%	9.22%	9.27%	9.21%	9.14%	9.27%
Dados reais entre 2006 e 2020		7.15%	8.56%	8.99%	9.10%	9.06%	8.95%	8.83%	9.10%

## Anexos

Tabela 42: Receita da produção de energia fotovoltaica especulada para o período entre 2023 e 2052<sup>40</sup>.

Ano	Preço de energia		
	Pessimista (€/MWh)	Intermédio (€/MWh)	Otimista (€/MWh)
2023	28.904	37.963	56.776
2024	29.632	40.311	58.363
2025	28.254	40.044	57.373
2026	28.540	41.202	58.141
2027	29.703	40.318	58.097
2028	30.228	42.704	59.456
2029	30.974	40.596	56.960
2030	30.712	41.493	57.435
2031	31.498	40.486	54.318
2032	32.103	38.303	52.022
2033	29.782	36.196	48.355
2034	26.911	42.166	49.767
2035	26.355	42.835	52.804
2036	24.487	42.181	59.155
2037	24.963	40.484	56.159
2038	24.711	40.728	56.163
2039	23.385	43.377	55.279
2040	24.708	41.032	56.694
2041	25.451	40.666	57.079
2042	26.215	40.268	57.457
2043	26.999	39.838	57.828
2044	27.803	39.375	58.190
2045	28.629	38.877	58.544
2046	27.423	40.017	60.262
2047	26.158	41.186	62.026
2048	24.830	42.386	63.836
2049	23.439	43.618	65.694
2050	21.983	44.882	67.601
2051	22.763	45.981	68.879
2052	23.566	47.106	70.182