



Instituto Nacional de
Investigação Agrária e
Veterinária, I.P.



CENTRO DE COMPETÊNCIAS
PARA O REGADIO NACIONAL

AVALIAÇÃO DA ENERGIA UTILIZADA NO REGADIO EM PORTUGAL ATRAVÉS DE SISTEMAS DE INDICADORES



IX Congresso Nacional de Rega e Drenagem

Beja, 18-20 outubro 2022

P. Brito da Luz¹, L. Boteta², M. Santos²

paulo.luz@iniav.pt marta.santos@cotr.pt luis.boteta@cotr.pt

¹INIAV, I.P., Quinta do Marquês, 2780-157 Oeiras

²COTR, Quinta da Saúde, 7801-904 Beja

1. INTRODUÇÃO



- O consumo de energia elétrica tem crescido no regadio, face ao desenvolvimento de sistemas de água sob pressão, o que obriga a medidas estratégicas e tecnológicas adequadas de gestão e transição energética.

- Para apoiar essas medidas são destacados neste estudo vários indicadores, associados à eficiência e à produtividade energética (e.g. consumo específico de energia; intensidade energética; fluxos de energia).

- A produção de energia renovável é uma importante opção, com destaque para o interesse dos sistemas fotovoltaicos. Os investimentos relativos à utilização em instalações de rega sob pressão são já competitivos no nosso país.

- Estas infraestruturas alternativas deverão ser um contributo para o cumprimento de metas energéticas no domínio agroambiental, relacionadas com o Pacto Ecológico Europeu (PEC) e o Plano Nacional de Energia e Clima 2030.

2. INDICADORES



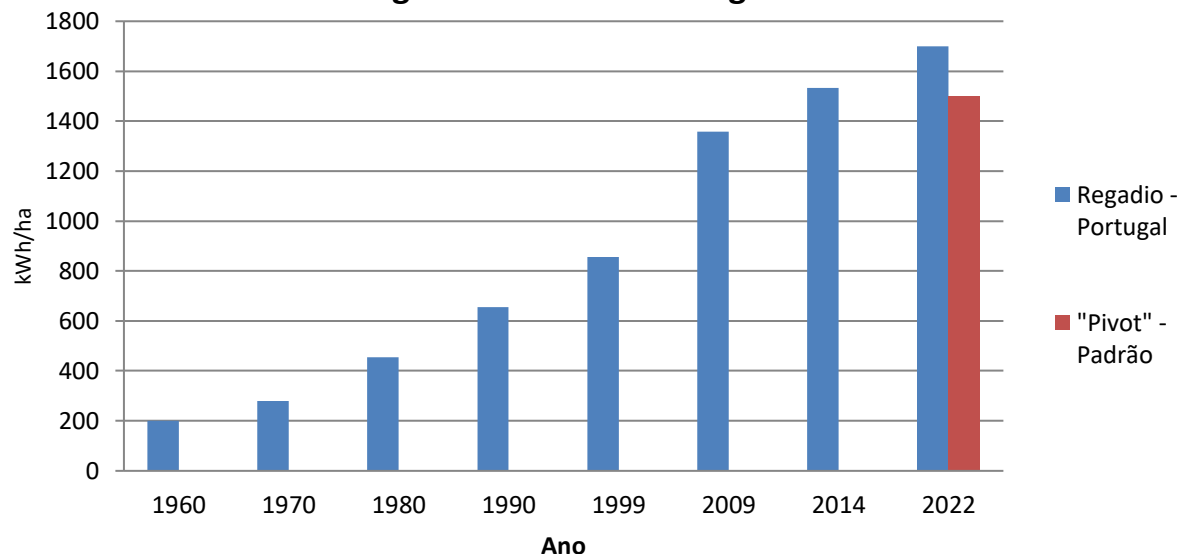
Indicadores	Definição	Unidades
A – Intensidade do Consumo de Energia Elétrica	Consumo de energia elétrica relativamente à área – Regadio e Sistema de Rega	$\frac{\text{kWh}}{\text{ha}}$
B – Consumo Específico de Energia Elétrica	Consumo de energia elétrica relativamente à água utilizada – Regadio	$\frac{\text{kWh}}{\text{m}^3}$
C – Radiação e Fluxo de Energia	Radiação e energia por unidade de área - Região	$\frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$
D – Produção de Energia	Energia produzida em painéis fotovoltaicos - Região	$\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$
E – Balanços Energéticos com Painéis Fotovoltaicos	Balanço de produção e consumo de energia fotovoltaica - Sistema de Rega	$\frac{\text{kWh}}{\text{ha}}$
F – Avaliação da Competitividade dos Painéis Fotovoltaicos	Resultado financeiro do investimento em energia fotovoltaica - Sistema de Rega	$\frac{\text{€}}{\text{kWp}}$

2.A – Intensidade do Consumo de Energia Elétrica

$\frac{\text{kWh}}{\text{ha}}$



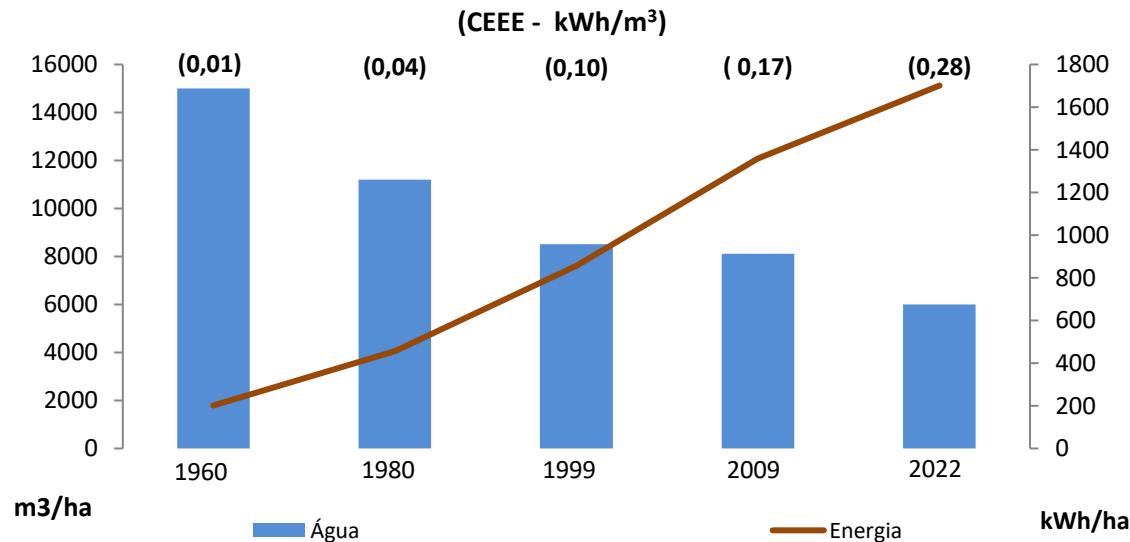
Consumo de energia elétrica relativamente à área
– Regadio e Sistema de Rega



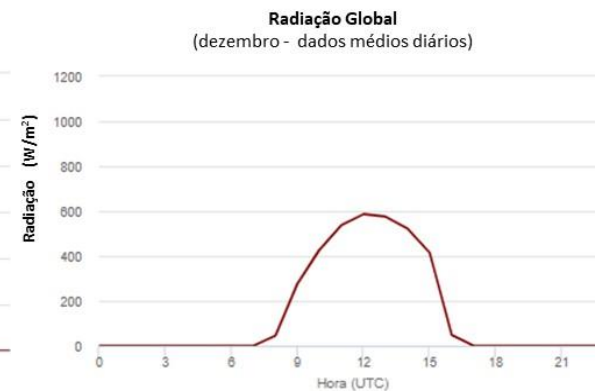
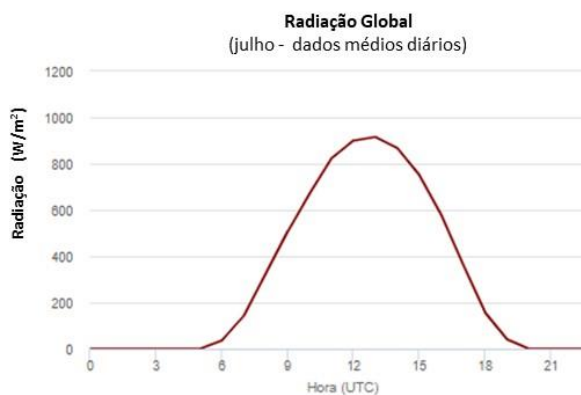
- Os valores (médios) de A correspondem a **intensidades de 1700 kWh/ha no regadio** e a **1500 kWh/ha para sistemas de rega típicos de baixa pressão** (e.g. “pivot”) caracterizados por:

- 1) localizados na região centro-sul;
- 2) emissores de baixa pressão (< 140 kPa);
- 3) caudal específico de 1,2 L/s/ha;
- 4) cultura do milho (rega de 6000 m³/ha entre abril e setembro, aprox. ¾ da dotação no verão);
- 5) água captada a menos de 10 metros de profundidade.

Consumo de energia elétrica relativamente à água utilizada – Regadio



- Em cerca de 60 anos o consumo anual de energia elétrica das explorações agrícolas **creceu de 200 kWh/ha para cerca de 1700 kWh/ha.**
- Nesse período o consumo unitário anual de água no regadio **desceu de 15000 m³/ha para um valor atual estimado em 6000 m³/ha.**
- Crescimento muito significativo do **CEEE no regadio de 0,01 kWh/m³ para cerca 0,28 kWh/m³.**



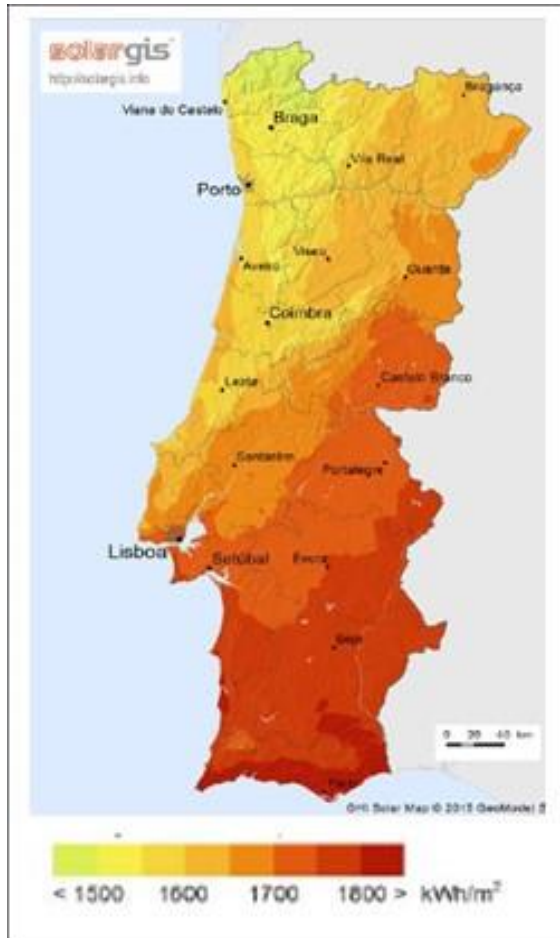
<http://portaldoclima.pt/pt/>

[JRC Photovoltaic Geographical Information System \(PVGIS\) - European Commission \(europa.eu\)](http://jrc-photonet.ec.europa.eu/)

Radiação Global (RG). Capacidade solar para o potencial de produção de energia por unidade de área na Região Centro/Médio Tejo.

- O valor médio mais elevado ocorre em **julho - cerca de 260 W/m²** (máximo de 1000 W/m² durante o dia)
- O valor médio mais baixo ocorre em **dezembro - cerca de 50 W/m²** (máximo de 600 W/m² durante o dia)
- **O valor médio anual é aproximadamente de 180 W/m²**

Obs: valores médios de RG para períodos de 24 horas por dia.



Irradiação Global Horizontal (IGH)

- Fluxo de energia anual por unidade de área, por regiões em Portugal Continental.

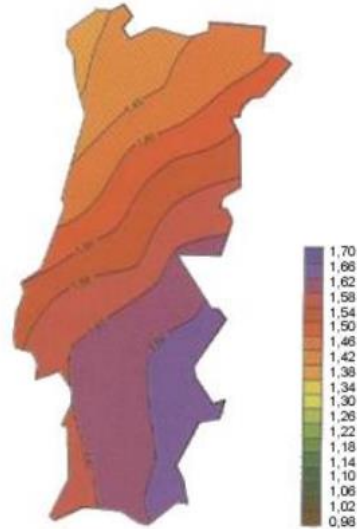
Região Centro/Médio Tejo - Valores médios de potenciais energéticos solares:

- **2700 horas anuais de insolação** aproximadamente
- A IGH atinge um **valor anual de cerca de 1600 kWh/m²** (RG de 180 W/m²)
(valor associado a 24 horas x 365 dias: 8760 horas).

Julho: 195 kWh/m² (IGH mais elevada - RG de 260 W/m²)

Dezembro: 40 kWh/m² (IGH mais baixa - RG de 50 W/m²)

(valores associados a 24 horas x 31 dias = 744 horas)



Índice de produção (anual e por m²) de energia elétrica em PV: **Ipe = kWh/Wp**

kWh: energia produzida

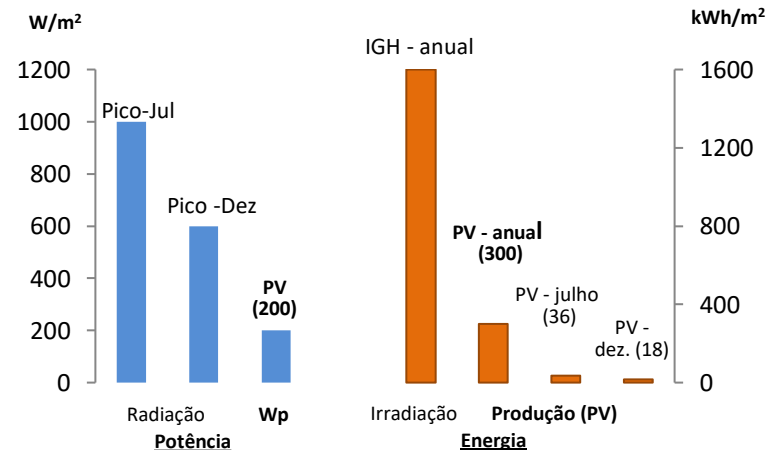
Wp: potência de pico (máxima dos PV)

Em Portugal Continental o **Ipe entre 1,4 e 1,7** (Adene, 2001)

CONDIÇÕES DE REFERÊNCIA:

- Os melhores PV registam atualmente valores de **potência instalada na base de 200 Wp/m²**;
- Para um Ipe = 1,5 na Região Médio Tejo, a **produção de energia atinge 300 kWh/m² por ano** (1,5 x 200);
- Para uma produção anual de 300 kWh/m² e uma IGH anual de 1600 kWh/m², prevê-se um **rendimento de 19%**, que é um valor de referência dos PV.

Capacidade de Produção de Energia Elétrica

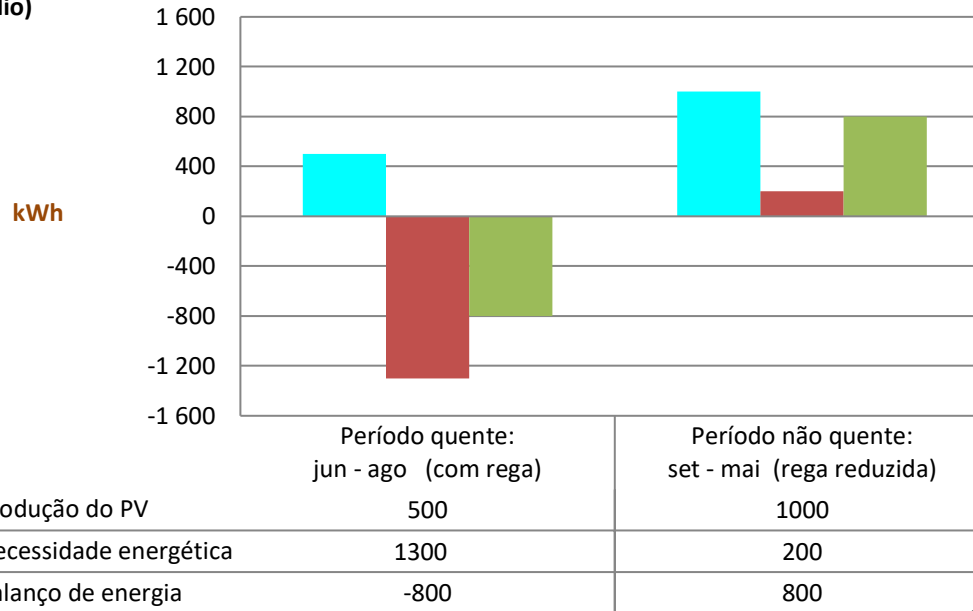


2.E – Balanços Energéticos com PV

kWh/ha



Balanços Energéticos
(1 ha regadio)



CONDIÇÕES DE REFERÊNCIA

- Pivot-padrão

(indicador 2.A):

Potência máxima utilizada = 1kW

Tempo de Rega = 1500 horas (6000 m³/ha)

Intensidade energética anual = 1500 kWh/ha

- Painel Fotovoltaico (PV)

Ipe = 300 kWh/200 Wp = 1,5

Área = 5 m²

Potência Instalada (Pico) = 5 x 200 Wp = 1 kWp

- Produção energética do PV

(indicador 2.D):

julho: 36 kWh/m² x 5 m² = 180 kWh

dezembro: 18 kWh/m² x 5 m² = 90 kWh

Anual: 300 kWh/m² x 5 m² = 1500 kWh

- **Balanços energéticos por unidade de área** (parâmetros e indicadores das condições de referência)

- Exercício que permite a construção de **cenários para projetos de rega por proporcionalidade da área unitária**

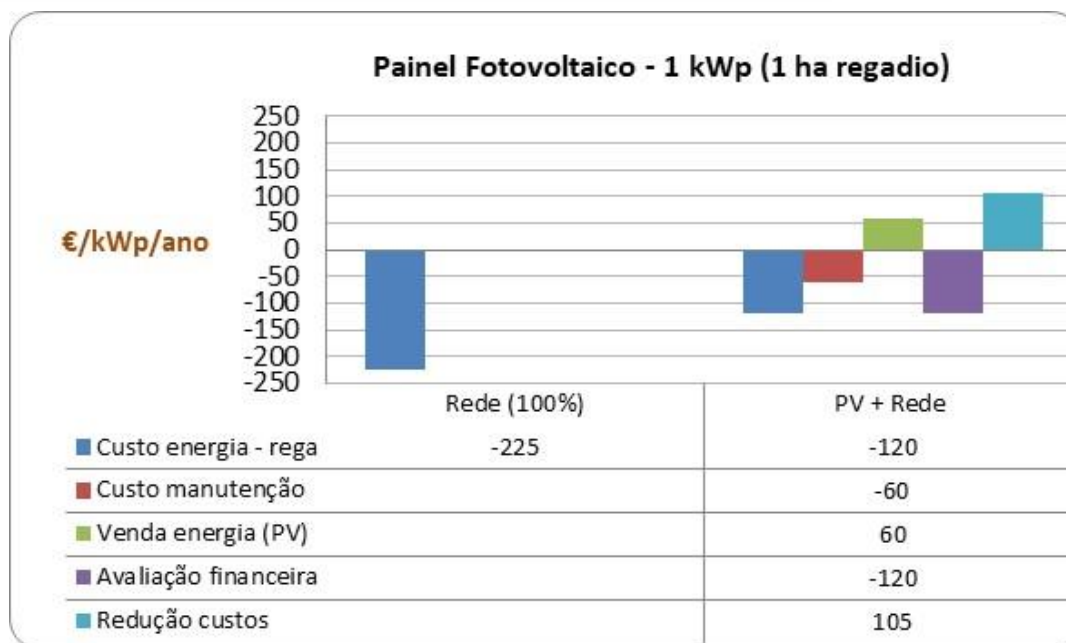
- **Condição de ligação à Rede** (on-grid) com inversores

- **Período de junho-agosto:** **Necessidade energética - 1300 kWh; Produção energética - 500 kWh; Compra de energia - 800 kWh**

Neste período, considera-se a rega diurna + noturna.

- **Período de setembro-maio:** **Necessidade energética - 200 kWh; Produção energética - 1000 kWh; Venda de energia - 800 kWh**

Neste período, a rega é conduzida nas horas de Sol com grande redução das dotações mensais (abril, maio, setembro)



- O custo da energia adquirida à Rede a 100% (sem PV) será de 225 € para um custo médio atual do kWh próximo de 0,15 €.
- O investimento em PV, englobando os equipamentos para a utilização direta e de ligação à Rede, atinge em média 1500 €/kWp.
- Na opção PV + Rede, no trimestre de junho a agosto (PV - 500 kWh; Compra à Rede - 800 kWh) o custo de energia reduz-se para 120 €
- Na opção com PV + Rede, entre setembro e maio é possível utilizar 200 kWh e vender à Rede 800 kWh. Nesta venda, os valores unitários variam entre 0,05 e 0,10 €/kWh, permitindo um ganho de cerca de 60 €.
- O custo anual de manutenção dos PV deverá variar entre 45 e 75 € (3 a 5% do investimento).
- Como simplificação, aponta-se para uma venda neste período que anula o custo de manutenção (valores próximos de 60 €).
- **Em termos comparativos financeiros regista-se, anualmente, uma redução de custos com os PV na ordem dos 105 € (= 225 € - 120 €).**
- **Num cálculo de base, para o investimento de 1500 €/kWp, são necessários 14 anos para a recuperação do investimento.**

3. CONCLUSÕES



- A energia consumida pelos sistemas de rega sob pressão, usualmente elétrica, pode atingir 90% do total de energia elétrica consumida numa exploração. Regista-se uma variação do consumo entre 200 e 4500 kWh/ha nesses sistemas de rega, em função da região climática, da cultura, e das condições de pressão e de captação/profundidade de água.
- Num quadro simplificado de análise económica dos PV, com amortizações constantes e sem contabilizar inflação/juros, verifica-se um tempo de retorno do investimento de 14 anos.
- Poderão ocorrer algumas alterações a este tempo, considerando-se o impacto negativo/ positivo:
 - 1) dos programas de apoio financeiro a projetos de PV na agricultura;
 - 2) do custo nas parcelas de investimento ou de manutenção;
 - 3) dos preços de compra e venda de energia à rede;
 - 4) do juro atribuído;
 - 5) da utilização da energia dos PV para outros fins e ao longo de todo o ano, na exploração agrícola;
 - 6) da maior ou menor necessidade de rega noturna (que envolve também a opção por diferentes caudais de projeto/potências de bombagem).
- No caso de projetos sem ligação à rede, as condições de dimensionamento das bombas de água e/ou da gestão da rega serão diferentes. Comparativamente ao exemplo dado, o investimento nos PV tende a subir devido à necessidade de garantir a potência necessária ao sistema de rega.
A potência dos PV deverá subir cerca de 50% pelas limitações dos períodos reduzidos de potência máxima dos PV (existem outras bombas para a rega nas horas sem Sol).
A potência dos PV poderá subir até 3X se a rega depender apenas das horas de Sol (caudal da bomba também poderá subir 3X).
- Para qualquer alteração e prevendo-se um período de vida útil de 25 anos nos projetos fotovoltaicos, aceita-se a viabilidade e interesse do investimento.