



**Weidmüller**

**BLADEcontrol®**  
Monitorização da condição da pá do rotor

### dossier sobre agrofotovoltaico

- › sistemas portáteis de energia solar, uma outra opção agrofotovoltaica
- › sistemas de irrigação em Bolanhas com recurso a geradores solares
- › horta urbana solar – projeto agrofotovoltaico em campus universitário
- › agrofotovoltaicos permitem um aumento da produtividade global do solo entre 35% a 73% e um rendimento de 150%
- › autoconsumo: sugestão de leituras

### nota técnica

- › plataforma *online* de equipamentos e instalações a biomassa

### case study

- › seis parques fotovoltaicos em Portugal são geridos com tecnologia da Phoenix Contact

**FICHA TÉCNICA**  
**renováveis magazine 53**  
**1.º trimestre de 2023**

**Diretor**

Amadeu Borges  
amadeub@utad.pt

**Conselho Editorial**

**Marketing:** Júlio Almeida  
T. +351 225 899 626  
julio.almeida@cie-comunicacao.pt  
**Redação:** Helena Paulino  
e Sara Lopes  
T. +351 220 933 964  
redacao@renovaveismagazine.pt

**Design**

Daniel Dias  
danifcp@gmail.com

**Webdesign**

Ana Pereira  
a.pereira@cie-comunicacao.pt

**Assinaturas**

T. +351 220 104 872  
assinaturas@booki.pt  
www.booki.pt

**Conselho Editorial**

Alexandre Fernandes (ISEG)  
Álvaro Rodrigues (FEUP/INEGI)  
Ana Estanqueiro (LNEG)  
António Joyce (LNEG)  
António Sá da Costa (APREN)  
António Lobo Gonçalves (EDP RENOVÁVEIS)  
João Abel Peças Lopes (FEUP/Inesc)  
João Bernardo (DGEG)  
Joaquim Borges Gouveia (UA)  
José Carlos Quadrado (ISEL)  
Nuno Moreira (UTAD)  
Maria Teresa Ponce Leão (FEUP/LNEG)  
Rui Castro (IST)

**Colaboração Redatorial**

Amadeu Borges, Teresa Ponce de Leão,  
Pedro Ferreira, João Graça Gomes, Victor Moure,  
Alfredo Pais, Miguel Centeno Brito, David Avelar,  
Ivo Costa, Florian Ulm, Guilherme Gaspar,  
António Vedes, João Manita, Jobim Convié,  
João Pinto, André Pires, Teresa Almeida, Sónia Figo,  
Luís Gil, Maren Gast, Carlos Coutinho,  
Francisco Javier Hernández, Sara Lopes  
e Helena Paulino

**Redação e Edição**

CIE – Comunicação e Imprensa Especializada, Lda.®  
Empresa Jornalística Reg. n.º 223992  
Grupo Publindústria  
Praça da Corujeira, 38 · Apartado 3825  
4300-144 Porto  
Tel.: +351 225 899 626/8 · Fax: +351 225 899 629  
geral@cie-comunicacao.pt · www.cie-comunicacao.pt

**Conselho de Administração**

Júlio António Martins de Almeida (Gerente)

**Detentores de Capital Social**

Júlio António Martins de Almeida (40%)  
António da Silva Malheiro (30%)  
Publindústria – Produção  
de Comunicação, Lda. (30%)

**Propriedade**

Publindústria – Produção de Comunicação, Lda.  
Empresa Jornalística Registo n.º 213 163  
NIPC: 501777288  
Praça da Corujeira, 38 · Apartado 3825  
4300-144 Porto  
Tel.: +351 225 899 620 · Fax: +351 225 899 629  
geral@publindustria.pt · www.publindustria.pt

**Publicação Periódica**

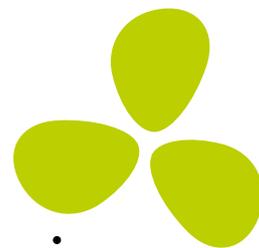
Registo n.º 125808  
Depósito Legal: 305733/10  
ISSN: 1647 6255  
INPI: 452220  
Periodicidade: trimestral  
Tiragem: 5000 exemplares

**Impressão e Acabamento**

acd print  
Rua Marquesa d'Alorna, 12 A | Bons Dias  
2620-271 Ramada

**Os artigos assinados são da exclusiva  
responsabilidade dos seus autores.**

Estatuto Editorial disponível em  
www.renovaveismagazine.pt



# renováveis magazine®

revista técnico-profissional de energias renováveis

## 2 editorial

Portugal, o bom aluno da Europa em matéria de energia (Parte 2)?

## 4 espaço ADENE

consumo de energia: setores doméstico e serviços

## 6 espaço FELPT

Associação Portuguesa da Energia lança 3.ª edição do Future Energy Leaders Portugal

## 8 espaço LNEG

as respostas da Transição Energética aos desafios: uma questão de integração inteligente

## 10 espaço CBE

Portugal no projeto BioRural para criar rede europeia de bioeconomia rural

## 12 renováveis na lusofonia

informação ALER, associados e parceiros

### vozes de mercado

14 como as *microgrids* podem ajudar a enfrentar os desafios de energia a nível global

## 16 notícias

## 28 dossier sobre agrofotovoltaico

29 sistemas portáteis de energia solar;

uma outra opção agrofotovoltaica

30 sistemas de irrigação em Bolanhas

com recurso a geradores solares

32 horta urbana solar – projeto agrovoltáico em *campus* universitário

34 agrovoltáicos permitem um aumento da produtividade global do solo entre 35% a 73% e um rendimento de 150%

34 autoconsumo: sugestão de leituras

### nota técnica

40 plataforma *online* de equipamentos e instalações a biomassa

### case study

44 seis parques fotovoltaicos em Portugal são geridos com tecnologia da Phoenix Contact

### entrevista

48 Pedro Lima, Solarshop: “SolarShop está sempre em constante busca por aprendizagem”

## 50 Especial GENERA

### reportagem

58 Cleanwatts vai criar uma CER com a casa de repouso Livro de Memórias

60 autoconsumo fotovoltaico em exploração agropecuária

62 muito mais que produtos e soluções: como a transformação industrial pode ser um sucesso

### informação técnico-comercial

64 Böllhoff: soluções de fixação seguras e rápidas para instalações solares

66 30 anos da Fronius Solar Energy

68 igus desenvolve materiais que triplicam a resistência aos raios UV solares

70 EPLAN Smart Mounting: fabrico inteligente de armários de controlo

72 Rittal Wire Terminal WT C

74 Voltalia atinge a sua meta de 2,6 GW de capacidade em operação

78 REIMAN: como os variadores de frequência Optidrive estão a ajudar a criar a produção de energia renovável?

80 Amara NZero: módulo de 500 Wp em autoconsumo terciário/industrial, o perfeito aliado, já disponível!

82 SolarEdge: uma revolução Ag-Tech impulsionada pelo sol

## 86 produtos e tecnologias

## 94 bibliografia

## 96 links



www.renovaveismagazine.pt

Aceda ao link através  
deste QR Code

 /renovaveismagazine

# horta urbana **solar** – Projeto agrovoltáico em *campus* universitário

A horta urbana Solar é um projeto multidisciplinar de investigação e de demonstração de um sistema agrovoltáico para explorar a produção combinada e sinérgica de eletricidade solar e produtos agrícolas.

Miguel Centeno Brito<sup>1,3</sup>, David Avelar<sup>2,3</sup>, Ivo Costa<sup>1,3</sup>, Florian Ulm<sup>2,3</sup>, Guilherme Gaspar<sup>1,3</sup>, António Vedes<sup>4</sup>, João Manita<sup>3</sup>, Jobim Convié<sup>3</sup>

<sup>1</sup> IDL; <sup>2</sup> CE3C; <sup>3</sup> FCUL; <sup>4</sup> IMAGE4ALL

O sistema agrovoltáico (Figura 1) está instalado no laboratório exterior de energia solar no campus da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa é uma iniciativa desenvolvida no âmbito do Laboratório Vivo para a Sustentabilidade @Ciências.



Figura 1 Sistema agrovoltáico no Campus Solar.

O sistema fotovoltaico (PV) tem uma potência instalada de 7,14 kWp (Tabela 1) e inclui uma *string* de módulos convencionais e uma *string* de módulos bifaciais, montados numa estrutura com alinhamento este-oeste que se eleva a 2,5 metros de altura, fixa ao solo com sapatas de cimento com 1 m<sup>2</sup> e 50 cm de profundidade. O sistema PV tem um *performance ratio* de 85%, estimando-se uma produção anual de cerca de 12,3 MWh/ano. Atualmente a eletricidade solar é utilizada para satisfazer os consumos de outras experiências científicas a decorrer no laboratório, com injeção na rede de eventuais excessos de geração; no futuro próximo o sistema será integrado num sistema de autoconsumo coletivo.

Por baixo da estrutura de fixação dos módulos, estão em fase de plantação cerca de 600 plantas anuais, especificamente milho e feijão e cerca de 140 plantas perenes de 5 espécies diferentes (Tabela 1). A diversidade de plantas, em termos de ciclo da vida e de estratos ocupados, foi planeada para aumentar a resiliência do sistema. O feijão e o milho têm ambos um crescimento rápido e ciclos de vida curtos, enquanto alfarrobeira, aveleira e medronheiros são árvores e arbustos de grande porte com um ciclo de vida longo. As alfazemas e pimentas como arbustos de pequeno porte têm características intermédias.

Área de cultivo	180 m <sup>2</sup>
<b>Culturas</b>	
Perenes	Alfarrobeira, alfazema, medronheiros, pimenta perene, aveleira
Anuais	Milho, feijão
<b>Sistema PV</b>	
Potência instalada	7.14 kWp
<b>Módulos</b>	
Monofacial	12 x 375 Wp
Bifaciais	6 x 440 Wp
Inversor	6.0 kW

Tabela 1 Características do sistema agrovoltáico.

Para analisar o sombreamento dos módulos PV no solo, a operação do sistema agrovoltáico foi simulado em ambiente SketchUp (Figura 2) para determinar as horas de sol e irradiação solar ao nível do solo nas zonas cultivadas.

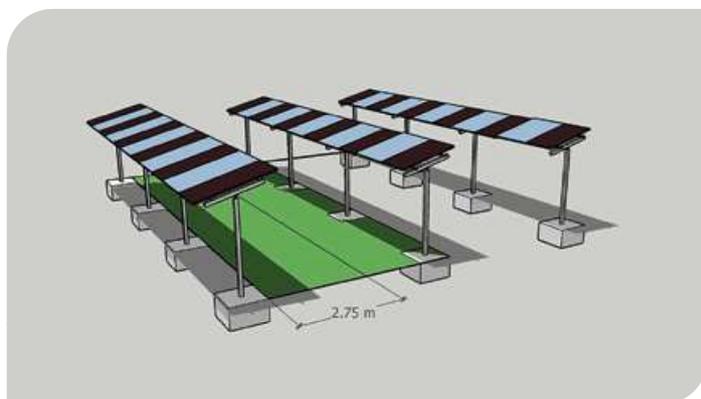


Figura 2 Representação esquemática do sistema agrovoltáico para simulação do sombreamento.

Foram testadas diferentes configurações, variando a inclinação e espaçamento entre módulos. Como podemos observar na Figura 3, o efeito mediano do sombreamento é de uma redução da cerca de 15% da

irradiação anual que chega ao solo. Um quarto da área cultivada apresenta perdas inferiores a 10% (quartil superior, assinalado a laranja) enquanto três quartos da área apresenta perdas inferiores a cerca de 20% (quartil inferior, assinalado a amarelo). Os valores mínimos referem-se a locais atrás dos postes da estrutura de suporte dos módulos, com sombreamento muito frequente e perdas de radiação de cerca de 50%. Os valores máximos referem-se a locais com exposição solar quase permanente, praticamente sem sombreamentos ao longo do ano. É interessante notar que a perda de irradiação anual é pouco sensível à inclinação dos módulos fotovoltaicos e por isso a sua configuração final pode ser ajustada para maximizar a geração de energia.

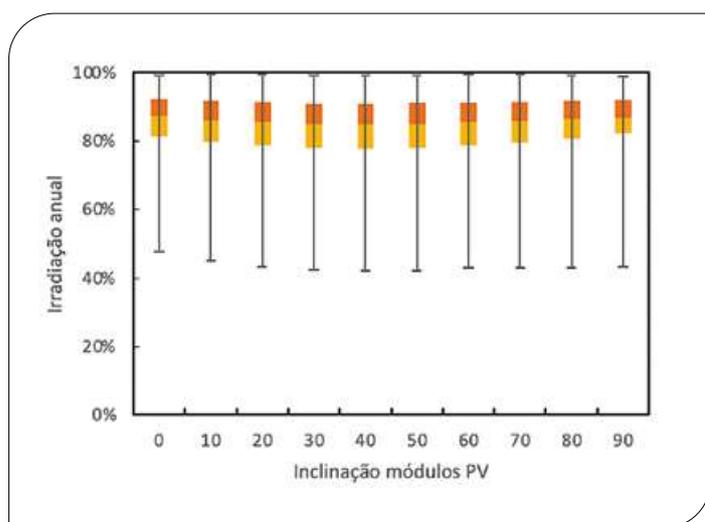


Figura 3 Distribuição da irradiação solar anual em função da inclinação dos módulos.

A irradiação solar ao nível do solo pode ser traduzida em evapotranspiração, considerando a temperatura ambiente e humidade relativa local. Em seguida, combinando valores mensais de evapotranspiração e precipitação média, podemos estimar as necessidades de rega para anos húmidos ou secos. Os resultados do modelo revelam que a relativamente pequena redução de irradiação de cerca de 15% pode reduzir o período de rega para cerca de 40%, e reduzir o volume de rega em quase 70% (Figura 4).

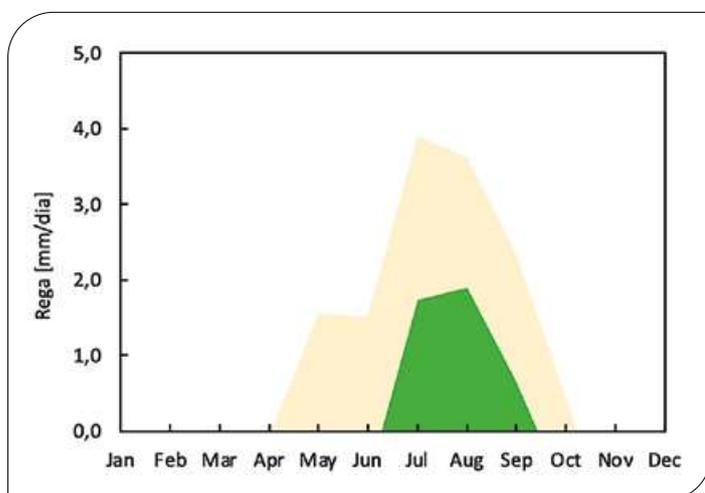


Figura 4 Necessidades de rega com e sem sombreamento do sistema agrofotovoltaico (verde e amarelo, respetivamente). Exemplo para ano húmido.

**Por baixo da estrutura de fixação dos módulos, estão em fase de plantação cerca de 600 plantas anuais (...)** O feijão e o milho têm ambos um crescimento rápido e ciclos de vida curtos, enquanto alfarrobeira, aveleira e medronheiros são árvores e arbustos de grande porte com um ciclo de vida longo. As alfazemas e pimentas como arbustos de pequeno porte têm características intermédias.

A configuração da horta urbana foi idealizada para explorar o efeito do sombreamento nas necessidades de irrigação das várias culturas. Experimentalmente, foram definidos três talhões equivalentes, cada um com uma solução de irrigação distinta (Figura 5). Um dos talhões tem um sistema de irrigação convencional com temporizador enquanto outro é irrigado com um sistema inteligente baseado em medições locais de humidade do solo (sistema desenvolvido no âmbito de uma tese de mestrado). O terceiro talhão não tem qualquer tipo de irrigação. Finalmente, as três soluções de irrigação são replicadas na zona de controlo, não sombreada.

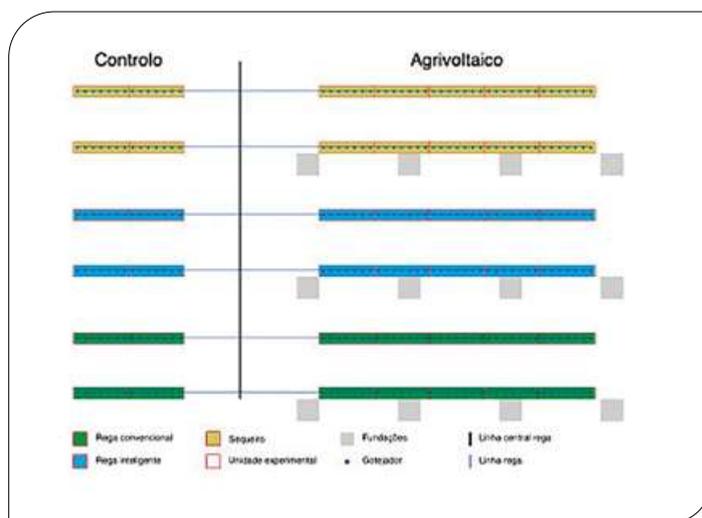


Figura 5 Setup experimental do sistema de rega e talhões de plantação.

A monitorização dos parâmetros ambientais locais e o crescimento das plantas permitirá avaliar o impacto do sombreamento do sistema agrofotovoltaico nas necessidades de irrigação da horta solar. Cada talhão é constituído por um conjunto de subáreas com condições de sombreamento distintos (isto é, mais perto ou mais longe dos postes de fixação da estrutura fotovoltaica) o que permite explorar estatisticamente o efeito do sombreamento para as diferentes condições de rega. A versatilidade do sistema agrofotovoltaico permitirá explorar em anos vindouros o impacto na rega de outras configurações dos módulos, incluindo diferentes inclinações e fatores de preenchimento.

O projeto agrofotovoltaico da Horta Urbana Solar irá avaliar o potencial da abordagem combinada de geração fotovoltaica e produção agrícola. O desempenho do sistema fotovoltaico com módulos bifaciais poderá beneficiar da radiação refletida nas plantas, que refletem radiação num comprimento de onda favorável à conversão fotovoltaica nos módulos PV. A geração fotovoltaica poderá ainda beneficiar da redução da temperatura ambiente. Por outro lado, a produção agrícola, e concomitante necessidade de rega, poderá beneficiar de um ambiente local mais protegido, com algum sombreamento sobretudo nas épocas do ano com maior stress térmico. [lm](#)