



Deteção remota e agricultura de precisão na monitorização de culturas

WORKSHOP · AGRITECH IOT REVOLUTION — ALTO TÂMEGA E BARROSO

Nathalie dos Santos Guimarães

24/07/2026



Cofinanciado pela
União Europeia

Sobre esta sessão

Apresentação

Nathalie Guimarães

Investigadora de pós-doutoramento · UTAD / CITAB

- **Doutorada (2025) em cadeias de produção agrícola, na UTAD.**
- **Laboratório de Climatologia Aplicada (UTAD / CITAB).**
- **Investigação no amendoal de Trás-os-Montes — deteção remota e IA.**



Deteção remota

satélite e drone



Internet das Coisas

sensores no terreno



Inteligência artificial

dados em decisões

Percurso do workshop

Do contexto à demonstração, à decisão e ao debate



1 • Porquê agora

Clima, água, custos e exigências de mercado.



2 • Ver e medir

Satélite, drone, sensores IoT e IA — com duas demonstrações práticas.



3 • Transformar em valor

Rega, nutrição, qualidade, rastreabilidade e poupanças.



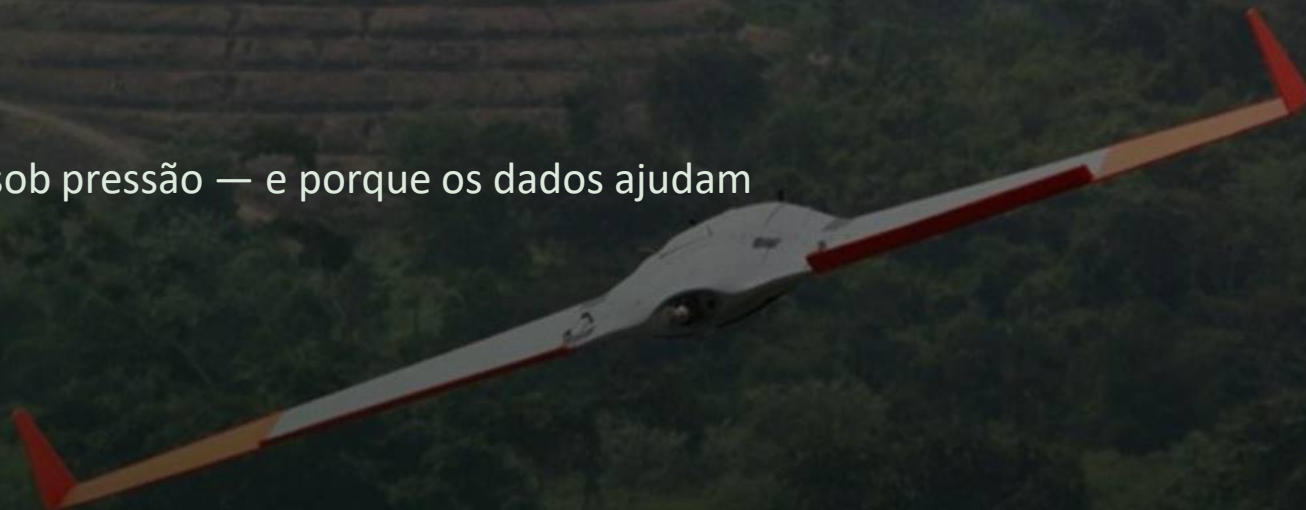
4 • Aplicar e debater

Investigação no amendoal

PARTE 1

Porquê agora

O setor agroalimentar sob pressão — e porque os dados ajudam



O desafio agroalimentar

Produzir mais, com menos recursos e menor impacto

≈60%

mais produção de alimentos até 2050
(FAO)

~1/3

da comida produzida perde-se ou
desperdiça-se

~70%

da água doce usada na agricultura

~1/3

das emissões globais vêm do sistema
alimentar

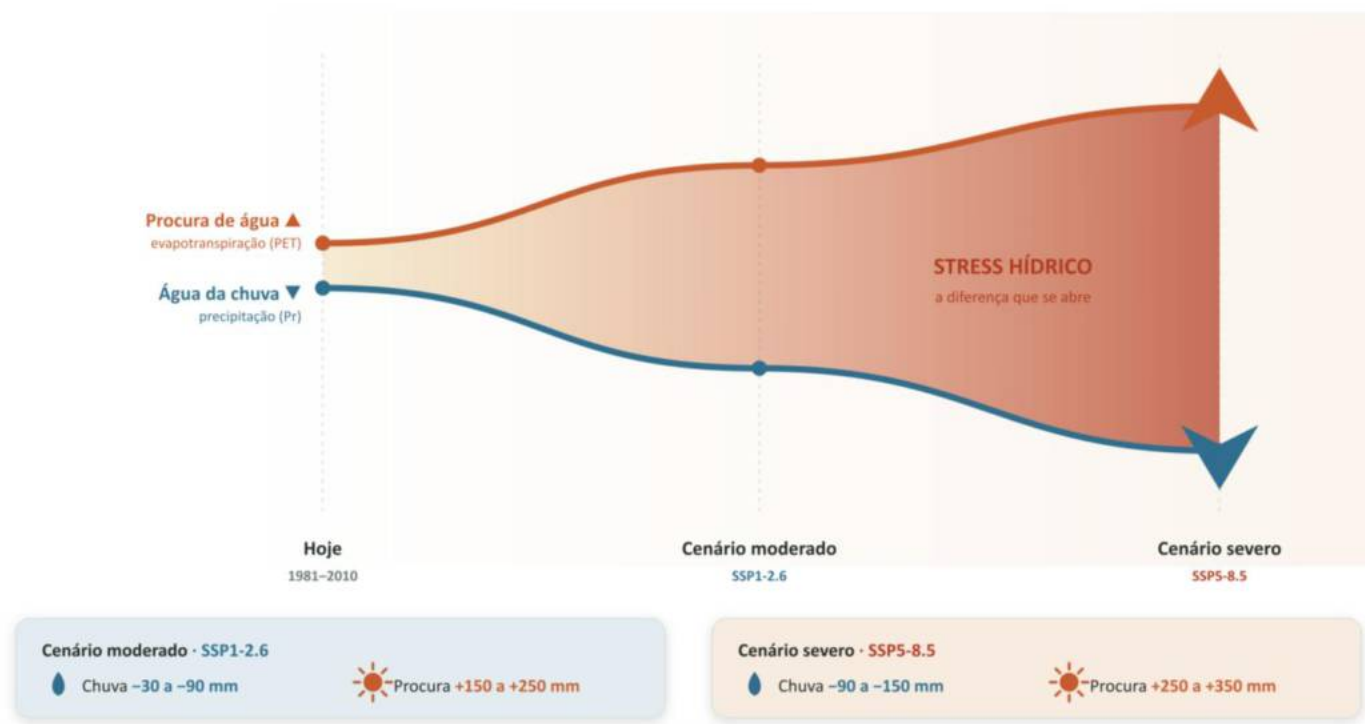
Fontes: FAO · UNEP

Clima: o fator que já mexe com a colheita

A Europa aquece mais depressa do que a média global

- **Verões mais quentes e secos** — sobretudo no interior e no sul.
- **Menos água, mais procura** — menor precipitação e maior evaporação.
- **Colheitas mais incertas** — quebras de rendimento, de qualidade e de preço.
- **Trás-os-Montes na linha da frente** — amendoal, vinha e olival de sequeiro.

Projeções para 2041–2070, em dois cenários climáticos, face a 1981–2010



A água passou a ser o fator mais crítico — e o mais caro de desperdiçar.

PARTE 2

As ferramentas

Satélite, drone, sensores IoT e IA — o que cada uma faz

Quatro ferramentas que se completam

Não competem entre si — usam-se em conjunto



Deteção remota

Ver a cultura do alto — satélite e drone. Mostra vigor, água e stress.



Sensores (IoT)

Medidores que enviam sozinhos os dados — solo, clima, planta e frio.



Inteligência artificial

Encontra padrões nos dados e prevê — deteta, estima e avisa a tempo.



Modelos

Simular a cultura e testar cenários — «e se chover menos?».

Ver a cultura de várias escalas

Cada plataforma vê a um detalhe — e a um preço diferente



Satélite

Cobre tudo, muitas vezes

10–30 m · dias · **GRATUITO**



Drone

Vê árvore a árvore

centímetros · sob procura · custo médio



Sensores

Medem no local, sem parar

no ponto · 24/7 · custo por ponto

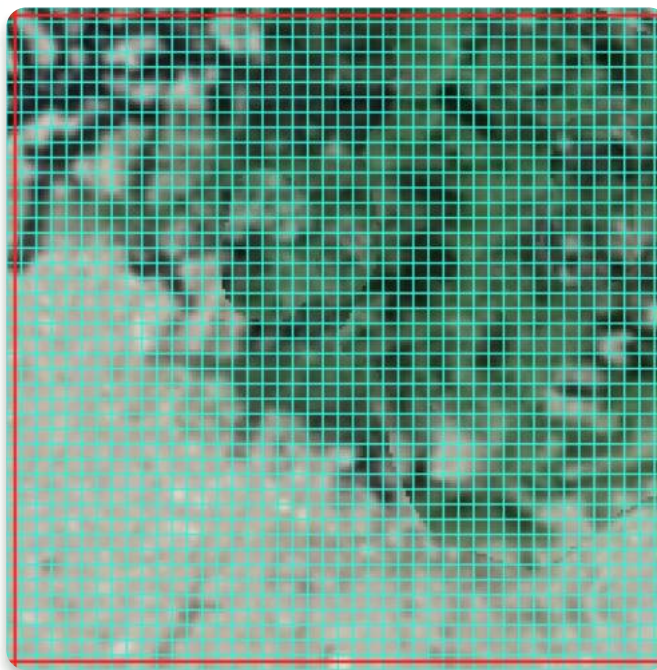
O satélite (gratuito) deteta, o drone confirma o pormenor, o sensor explica no terreno.

Exemplo: o mesmo amendoal, três resoluções

Imagem real de drone, com o tamanho do pixel de cada satélite sobreposto



Um pixel Sentinel-2 (amarelo) cobre várias árvores; o PlanetScope (vermelho) aproxima-se da árvore.



Ampliação de um pixel PlanetScope: dentro dele cabem centenas de pixéis do drone.

Tamanho do pixel



Sentinel-2

10 m · gratuito



PlanetScope

3 m · comercial



Drone (VANT)

5–7 cm · sob procura

Mais detalhe = mais custo.

Imagens do amendoal em estudo (Trás-os-Montes) · Guimarães et al.

Imagem de satélite — e é gratuita

A observação da Terra deixou de ser cara ou só para especialistas

- **Copernicus / Sentinel-2** — imagem gratuita de qualquer parcela, de ~5 em 5 dias.
- **Mapas de vigor** — mostram, com cor, onde a cultura está melhor ou pior.
- **Histórico** — ver como a parcela evoluiu ao longo dos anos.
- **Base de serviços comerciais** — muitas empresas vendem serviços assentes nestes dados livres.



0 €

custo da imagem de satélite Sentinel-2 — 10 m, de 5 em 5 dias

Serviços de viticultura assentes em Copernicus já reportam –20 a –30% de fertilizante aplicado.

O que se pode medir

Do solo à cadeia de frio



Solo

humidade, temperatura



Ar / clima

temperatura, chuva, vento



Planta

stress, crescimento



Rega

caudal, pressão, reservatórios



Cadeia de frio

temperatura no transporte

A humidade do solo é a medição com melhor relação custo–benefício demonstrada na literatura.

Sensores ligados: o que muda

Da visita pontual à medição contínua — a Internet das Coisas no campo



Medição contínua

Leituras de 30 em 30 minutos, 24 horas por dia, todo o ano — e não só quando lá se vai.



Alerta no momento

Geada, falta de água ou avaria na rega: o aviso chega enquanto ainda é possível agir.



Rega e nutrição automáticas

A dose certa, à hora certa, sem depender de alguém estar presente.



Histórico que fica

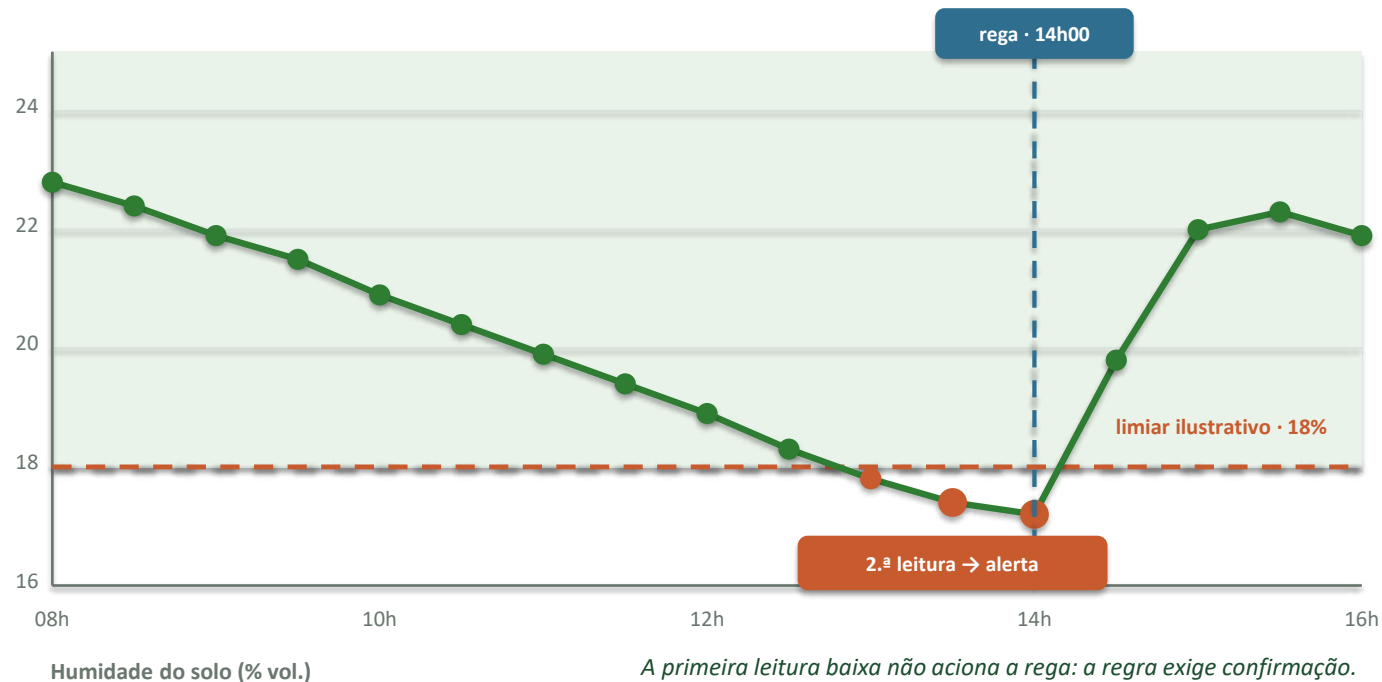
Anos de registo para comparar campanhas, decidir melhor e comprovar o que se fez.

Rega guiada por sensores de solo: -17 a -25% de água, com +8 a +9% de produção (ensaio em olival).

Demonstração prática

Da série temporal ao alerta — e do alerta a uma decisão assistida

Sonda H2 · 30 cm · leituras de 30 minutos



17,4%

humidade volumétrica
sonda a 30 cm · 13h30



ALERTA IoT · 13h30

2 leituras consecutivas abaixo de 18%

regra desta demonstração

Decisão assistida

- 1 Validar sensor e previsão
- 2 Se confirmado, regar a zona
- 3 Registrar dose e recuperação



Validação da planta
porómetro · imagem real

Nutrição: cruzar EC, análise e plano
agronómico.

DADOS ILUSTRATIVOS · limiar e dose dependem do solo, cultura e fase; automatização exige validação e salvaguardas. · imagem de campo: Guimarães et al. (2024)

Inteligência artificial

É transformar muitos dados numa resposta útil

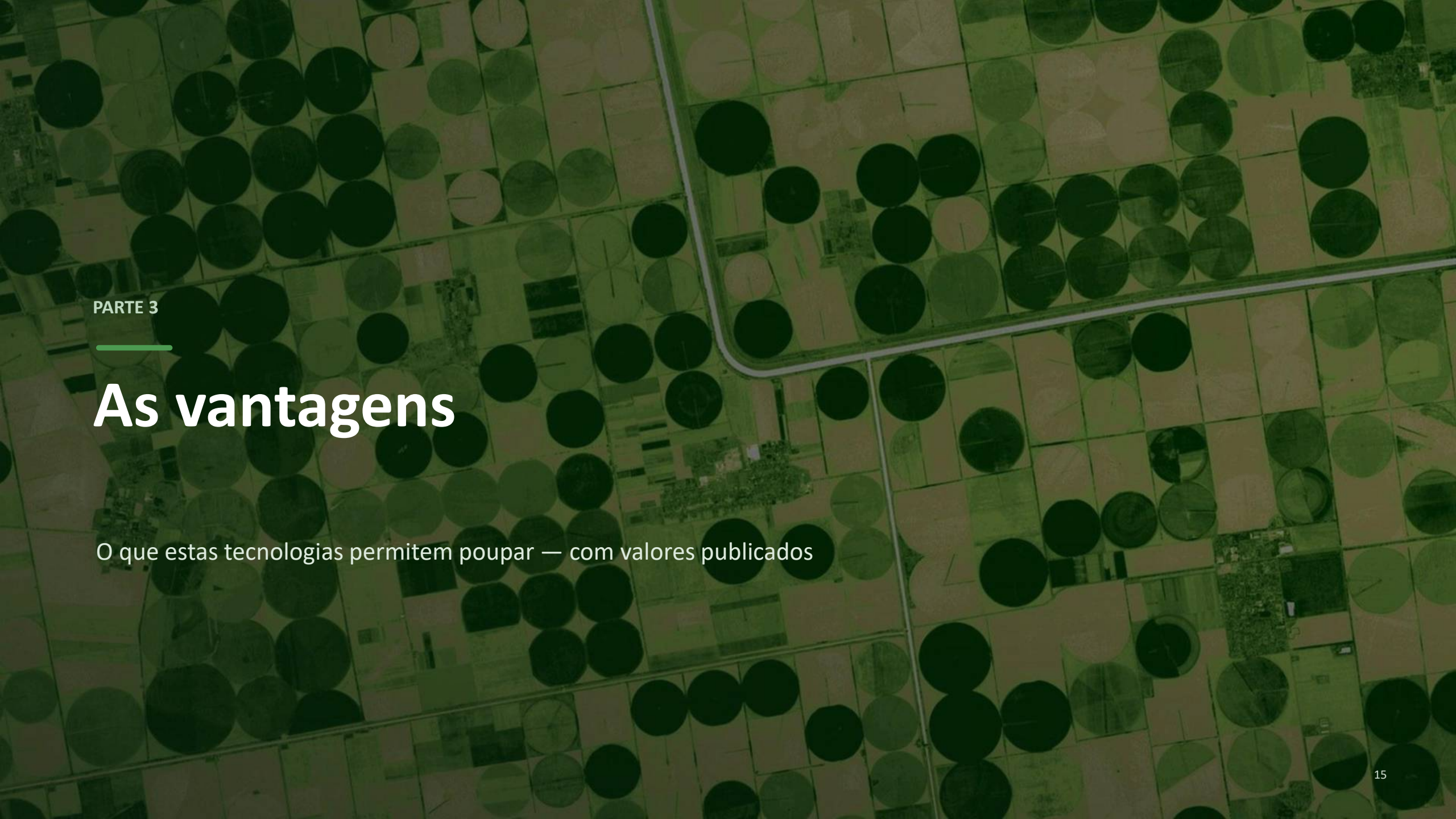


Funciona com pouco

- Não precisa de milhares de dados para começar.
- Modelos testados e robustos, já disponíveis.

Explica as decisões

- Diz porque decidiu, não só o quê.
- Confiança para agir — não é uma «caixa preta».

An aerial photograph of a large agricultural field, likely in Brazil, showing a repeating pattern of circular and semi-circular plots. The plots are arranged in a grid-like fashion, with some being dark green (possibly soybeans) and others being a lighter, brownish-green (possibly corn or fallow land). A straight road or canal runs diagonally across the field, dividing it into two main sections. The overall image has a green tint, suggesting a focus on agriculture or environmental themes.

PARTE 3

As vantagens

O que estas tecnologias permitem poupar — com valores publicados

Poupanças documentadas, com fonte

O detalhe por trás de cada número

ÁREA	GANHO MEDIDO	FONTE
 Rega por sensores de solo	-17 a -25% de água, com +8 a +9% de produção	olival, Grécia · ScienceDirect (2024)
 Rega deficitária controlada	-30 a -40% de água sem perda de qualidade	vinha e olival · MDPI Applied Sciences
 Fertilização por mapas de vigor	-20 a -30% de fertilizante aplicado	serviços Copernicus · Comissão Europeia
 Avisos de doença (mildio/oídio)	-30 a -50% de tratamentos, 4 anos, 83 parcelas	Delière et al., Pest Manag. Sci. (2015)
 Colheita seletiva por zonas	+12,7% a +23,4% de receita bruta por hectare	estudos de colheita seletiva por deteção remota
 Medição de desperdício com IA	-60% de desperdício (37 M USD poupados)	Winnow · IKEA (Ingka Group)

PARTE 4

Investigação PhD

O que investiguei no amendoal de Trás-os-Montes — e para que serve

Identificar castas por drone

Distinguir variedades de amendoeira a partir do ar

Estudo 1 · Castas

O que fizemos

- Voo com drone multiespectral sobre o pomar.
- A IA aprende a distinguir variedades pela cor e pela forma da árvore.
- Juntar espectro + estrutura (altura e área de copa) foi decisivo.

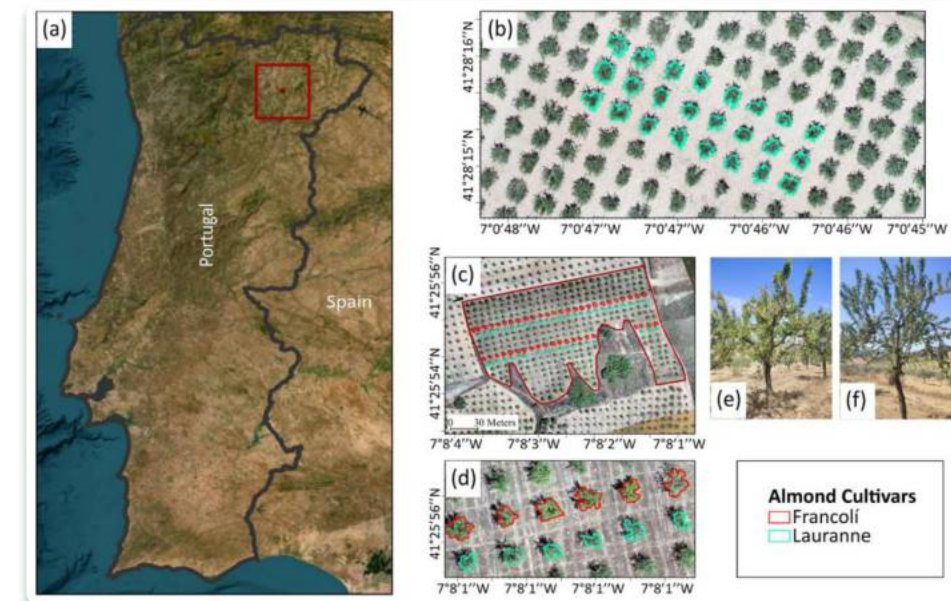
≈ 90%

de acerto a identificar a casta (Random Forest / XGBoost)

Para que serve

mapear a plantação e saber que variedade está em cada zona, sem inventário manual.

Guimarães et al. (2023), *International Journal of Remote Sensing* 44(5)



Área de estudo: pomares de Bornes e São Salvador — cultivares Francoli e Lauranne assinaladas.

Porque é importante

cada casta tem necessidades e datas de colheita próprias — geri-las à medida evita perdas.

Estimar a produção antes da colheita

Comparar satélites para prever o ano agrícola

Estudo 2 · Produção

O que fizemos

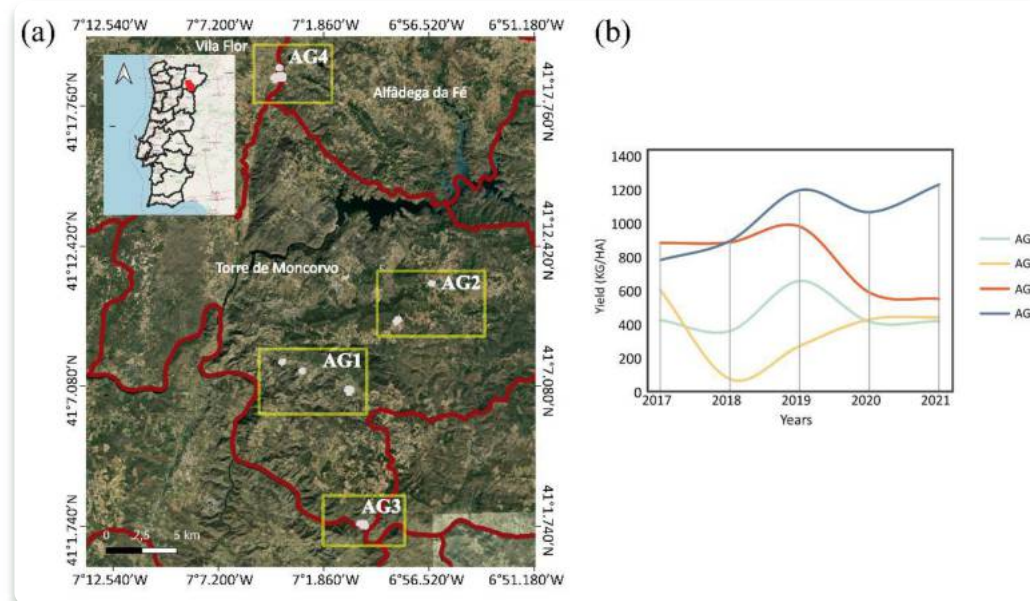
- Comparámos Landsat-8, Sentinel-2 e PlanetScope.
- Juntámos imagem + clima + rega num modelo de IA.
- A junção de dados foi o que mais melhorou a previsão.

R^2 0,80

da produção explicada; com satélite gratuito chega-se a ~0,67–0,68

Para que serve

estimar a colheita meses antes, para planejar logística, contratos e preço.



Área de estudo: quatro produtores (AG1–AG4) em Vila Flor, Alfândega da Fé e Torre de Moncorvo, e a produção de 2017 a 2021.

Porque é importante

mostra que dados gratuitos já dão previsões úteis — não é preciso imagem cara.

Identificar o stress hídrico nas árvores

Detetar o stress hídrico, árvore a árvore

Estudo 3 · Água

O que fizemos

- Voo com drone multiespectral + câmara térmica.
- A IA estima a condutância estomática (indicador de sede da planta).
- A análise SHAP mostra que variáveis explicam o resultado.

R^2 0,87

de acerto no stress hídrico (imagem térmica + multiespectral)

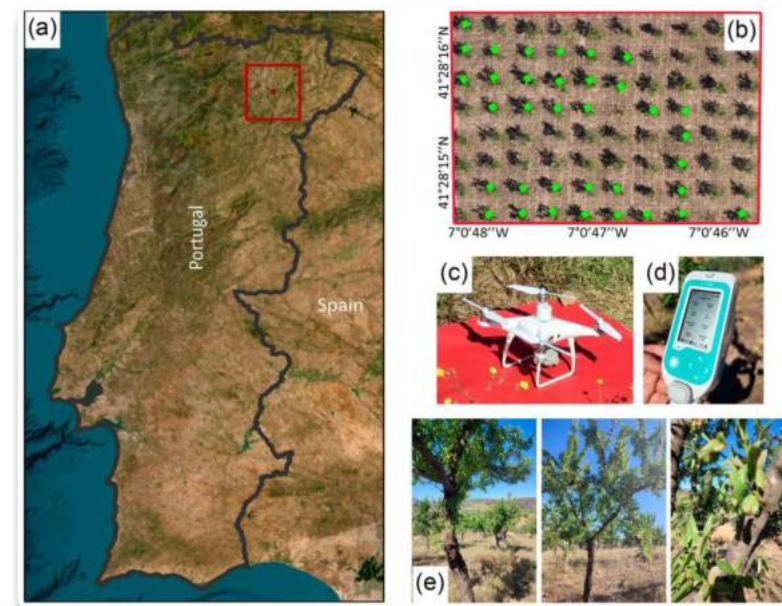
Para que serve

identificar onde falta água dentro da parcela e perceber porquê.

Porque é importante

a água é o fator mais limitante no Mediterrâneo — regar à medida poupa sem perder produção.

Guimarães et al. (2024), *Remote Sensing* 16(13), 2467



Área de estudo: amendoal em Mirandela — árvores amostradas, drone multiespectral e porómetro de validação.

Mensagens-chave

O que levar desta sessão



As poupanças são reais

–17 a –40% de água, –20 a –30% de fertilizante, –30 a –50% de tratamentos.



A base é gratuita

A imagem de satélite não tem custo — e já dá previsões úteis.



Compensa

Retorno documentado de 4 a 8 anos, com +15 a +22% de ROI.



Está demonstrado

No amendoal daqui: castas, produção e stress hídrico, com números.



Serve toda a cadeia

Do pomar ao consumidor: eficiência, qualidade e origem comprovada.

Publicações e referências

Os estudos que sustentam esta apresentação

A MINHA INVESTIGAÇÃO

- 1 Remote Sensing Applications in Almond Orchards: A Comprehensive Systematic Review.
Applied Sciences (2024) 14, 1749
- 2 Almond cultivar identification using ML classifiers applied to UAV multispectral data.
Int. J. of Remote Sensing (2023) 44(5)
- 3 Comparative Evaluation of Remote Sensing Platforms for Almond Yield Prediction.
AgriEngineering (2024) 6(1), 15
- 4 Combining UAV Multispectral & Thermal Data with SHAP for Stomatal Conductance.
Remote Sensing (2024) 16(13), 2467

DADOS E FONTES USADAS

-  **Copernicus / Sentinel-2**
dados abertos da Comissão Europeia
-  **FAO · UNEP**
segurança alimentar e desperdício
-  **MDPI (Agriculture, Applied Sci.)**
revisões e meta-análises de ROI
-  **Comissão Europeia**
PAC, «Do Prado ao Prato», EUDR

Todos os artigos em acesso aberto · ORCID 0000-0002-0636-1099

OBRIGADA · PERGUNTAS E RESPOSTAS

Obrigada pela Atenção!

O que seria útil medir, antecipar ou automatizar?

Água · nutrição · qualidade · cadeia de frio · rastreabilidade

Nathalie Guimarães

nsguimaraes@utad.pt

ORCID 0000-0002-0636-1099



utad

groNet
Forward

Email geral@agronetforward.pt

[www. agronetforward.pt](http://www.agronetforward.pt)

linkedin.com/company/agronetforward



Cofinanciado pela
União Europeia

Ficha Técnica

Designação do Projeto | AgroNet Forward – Digitalizar o agroalimentar do Douro Tâmega

Nº do projeto | 25447

Promotores |

ADCEIDT – Associação de Desenvolvimento, Criatividade, Empreendedorismo e Inovação do Douro Tâmega

UTAD - Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Aviso | COMPETE2030-2025-4

Designação do aviso | Ações Coletivas – Digitalização

Tipologia de Ação | Transição Digital das Empresas

Objetivos | Aproveitar as vantagens da digitalização para os cidadãos, as empresas, os organismos de investigação e as autoridades públicas (FEDER)

Edição e Conteúdos | UTAD



Cofinanciado pela
União Europeia