

INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM

**ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE SANTARÉM**

CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA AGRONÓMICA

**SISTEMA DE REGA DA QUINTA DA CARDIGA- ENTRONCAMENTO**  
CALIBRAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE UMA RAMPA POLAR PARA AFERIR A  
EFICIÊNCIA DA REGA RELATIVAMENTE AO SISTEMA

Maria Odete Lúcio Cosme

**SANTARÉM**

**2022**



INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM

**ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE SANTARÉM**

CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA AGRONÓMICA

**SISTEMA DE REGA DA QUINTA DA CARDIGA- ENTRONCAMENTO**  
CALIBRAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE UMA RAMPA POLAR PARA AFERIR A  
EFICIÊNCIA DA REGA RELATIVAMENTE AO SISTEMA

Tese de dissertação com vista à obtenção do  
Diploma de Mestre em Engenharia Agronómica

Nome: Maria Odete Lúcio Cosme

Nº: 170300039

Orientadores: Professora Doutora Ana Maria Ambrósio Paulo

Professora Doutora Albertina Maria Gomes Ferreira

Coorientador: Eng.º Paulo Jorge Malheiro Fragoso

**SANTARÉM**

**2022**

## Agradecimentos

Um trabalho de mestrado na área agrícola é uma “corrida de fundo”, inclui inúmeros desafios, incerteza e muitas contrariedades pelo caminho. Apesar da investigação ser um processo de perseverança solitária por parte do investigador, o final é acrescido do contributo de várias pessoas e todas elas de forma indispensável permitiram com o seu saber, apoio e disponibilidade, que o projeto chegasse a “bom porto”.

Deixo por isso os meus agradecimentos às minhas orientadoras professoras doutoras Ana Maria Ambrósio Paulo e Albertina Maria Gomes Ferreira pela orientação, ajuda e empenho. Ao meu coorientador Eng.º Paulo Jorge Malheiro Fragoso, agradeço pelo interesse e apoio incondicional, pautados por um elevado e rigoroso nível científico a um empenho inexcedível e exigente quanto basta. É enorme a gratidão que lhe expressei, pela forma como resolveu, a suas expensas, a falta de material existente na ESAS para as necessárias colheitas pluviométricas que permitiram aferir a calibração da rampa de rega.

À professora doutora Mafalda Dúlio Ferreira pela disponibilidade e ajuda na parte de análise das amostras de solo, oferecendo os seus préstimos e conhecimentos de forma incontestável, pese embora todos os contratemplos causados por equipamentos avariados no laboratório de solos da ESAS, que não permitiram obter parâmetros fundamentais para o trabalho de investigação.

Ao professor doutor Manuel Mendes de Sousa Adaixo, coordenador do mestrado, que sempre se manteve disponível para ajudar.

Agradecer também reconhecidamente a disponibilidade do proprietário da Quinta da Cardiga, senhor António José Carvalho, que nos abriu as portas da sua Quinta, nos disponibilizou maquinaria e pessoal para abertura dos poços de amostragem e permitiu a intrusão por várias vezes na área da rampa polar em estudo, bem como ao seu funcionário senhor Fernando Nateiro, sempre disponível para colaborar com as nossas necessidades.

Ao engenheiro João Coimbra pela confiança e desinteresse manifestados, ao facultar o acesso à plataforma IRRIWATCH de forma gratuita usando a sua password, por forma a acedermos a dados de satélite para a região.

Por fim, o meu enorme e sentido agradecimento a todas as pessoas, família e amigos, que contribuíram através da sua paciência, apoio e estímulo intelectual, para a concretização desta dissertação.

## RESUMO

O presente trabalho pretendeu evidenciar de uma forma fundamentada, a importância que, num cenário de escassez de água tem o funcionamento calibrado e eficiente do sistema de rega, no caso uma rampa circular.

Procurou-se acompanhar o conforto hídrico das plantas ao longo de todo o ciclo cultural e simultaneamente aferir através do estudo dos vários parâmetros obtidos, a possibilidade de estar a ser fornecida através dos ciclos de rega, mais água do que a estritamente necessária.

Pretendeu-se evidenciar que mantendo ainda assim o conforto hídrico da cultura com água disponível no solo acima do Déficit de Gestão Permissível, portanto dentro da Reserva Facilmente Utilizável, poder-se-ia reduzir a dotação fornecida e conseqüentemente os gastos na conta de cultura.

*Palavras chave: água, rega, eficiência, redução de gastos.*

## ABSTRAT

The current paper intended to demonstrate in a substantiated way, the importance of a calibrated and efficient functioning irrigation system, in this case a circular ramp, in a water scarcity scenario.

An attempt was made to monitor the water comfort of the plants throughout the entire cultural cycle and simultaneously assess, through the study of the various parameters, the possibility that more water than strictly necessary was being supplied through the irrigation cycles

It was intended to show that maintaining the water comfort of the crop with water available in the soil above the Permissible Management Deficit, therefore within the Easily Usable Reserve, it would be possible to reduce the supply provided and consequently the expenses in the crop account.

*Keywords: water, irrigation, efficiency, cost reduction.*

<b>ÍNDICE</b>	<b>Pág.</b>
Índice de figuras	6
Índice de quadros	8
Acrónimos, abreviaturas e símbolos	9
1.Introdução	10
2.Âmbito do trabalho	13
3.Objetivos	14
4.Contextualização e pertinência do tema	15
5.Fundamentação	19
6.Enquadramento edafo – climático	22
6.1. Informação geográfica	22
6.2. Caracterização climática	23
6.2.1. Precipitação	23
6.2.2. Evapotranspiração de referência	28
6.2.3. Escoamento natural	29
6.2.4. Cultura instalada	29
7.Metodologia	33
7.1. Reconhecimento do local e levantamento pedológico	33
7.2. Taxa de infiltração	36
7.3. Cálculo das necessidades hídricas	37
7.4. Rampa polar	39
7.5. Charca de alimentação de água de rega da propriedade	41
7.6. Trabalho de campo e material utilizado	41
7.7. Rede de distribuição	44
7.8. Fertirrega	44
7.9. Hidrómetro	45
7.10. Mapas de Condutividade elétrica do solo	46
7.11. Índices NDVI e NDMI	46
7.12. Evapotranspiração cultural	50
7.13. Sondas capacitivas	50
7.14. Características e necessidades culturais	52
7.15. Balanço hídrico	52
8. Análise e tratamento dos dados	59
9. Conclusões	68
10. Nota final	73
11. Referências bibliográficas	74
12. Cibergrafia	75
Anexos	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Ciclo hidrológico	10
2. Anomalia das temperaturas máximas Lezíria do Tejo	15
3. Anomalia temperaturas mínimas Lezíria do Tejo	16
4. Alargamento índice aridez em Portugal	17
5. Impactos do aumento da temperatura na agricultura	18
6. Alterações climáticas - temperatura	19
7. Evolução das temperaturas	20
8. Seca meteorológica	20
9. Ciclo cultural milho grão	22
10. Caracterização climática da região	23
11. Localização da parcela	24
12. Precipitação média anual	25
13. Função de probabilidade precipitação anual	26
14. Evapotranspiração	29
15. Mapa escoamento Bacia do Tejo	30
16. Estágios fenológicos milho	31
17. Coeficientes culturais milho	32
18. Amostragem estratos	34
19. Anéis para recolha solo	34
20. Pesagem da amostra	34
21. Movimento da água no solo	37
22. Rampa polar	40
23. Rampa polar	40
24. Quadro elétrico rampa	40
25. Charca	41
26. Copo pluviométrico	42
27. Fita métrica e ferramentas	42
28. Pesagem e registos	43
29. Maximização da absorção de azoto	43
30. Hidrómetro	45
31. Mapa de Ce	45
32. Mapa de NDVI	46
33. Mapa de NDVI	48
34. Mapa de NDVI	48
35. Mapa de NDVI	49
36. Mapa de NDVI	49
37. Mapa de NDVI	49
38. Mapa de NDVI	50
39. Localização das sondas	51
40. Gráfico da sonda humidade solo/temperatura	51
41. Distribuição das necessidades hídricas do milho	57
42. Projeto ISAREG	59
43. Diagrama	60
44. Potencial de ascensão capilar e da profundidade do lençol freático	61
45. Valores da sonda	62
46. Uniformidade de distribuição	63
47. Regulador de pressão	63

48. Gráfico do caudal e pabs	64
49. Histórico da rega da cultura	65
50. NDVI 7/8	65
51. NDVI 28/7	66
52. Gráfico das colheitas, curva da precipitação	67
53. Gráfico rega necessária /rega efetiva	70
54. Eutrofização na charca	72

## ÍNDICE DE QUADROS

1. Descritores estatísticos teste Qui quadrado	27
2. Classificação da temperatura por anos	27
3. Amostragem de distribuição anos pluviométricos	28
4. Resultados das amostras de solo	35
5. Valores médios dos teores de humidade	35
6. Valores médios da dap	35
7. Taxa básica de infiltração	36
8. Características físicas do solo	39
9. Características culturais	52
10. Valores médios das necessidades hídricas	53
11. Eficiências de aplicação azoto	54
12. Dotação bruta anual a considerar	55
13. Distribuição de volumes brutos´	56
14. Parâmetros de rega	58
15. Variação de caudal	64
16. Dados de precipitação por copo de recolha	67
17. Cálculo dos Kc's da cultura	68
18. Cálculo da Et0 média diária em cada mês	69
19. Comparação entre rega necessária e rega efetiva	69
20. Custo da energia	70
21. Custo da água	71

## **ABREVIATURAS/SIMBOLOS**

### **ACRÓNIMOS**

EM – Estação meteorológica;  
EN – Estrada nacional;  
N-Norte;  
NUR- Necessidades úteis de rega;  
RGB – Red, green and blue;  
RH – Região hidrográfica;  
TRH – Taxa de recursos hídricos;  
W- Oeste

### **INSTITUIÇÕES**

APA – Agência Portuguesa do Ambiente;  
FAO – “*Food Agriculture Organization*” (Organização para a Agricultura e Alimentação – organismo das Nações Unidas);  
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change;  
IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera;  
ISA – Instituto Superior de Agronomia;  
LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia;

### **VARIÁVEIS**

A – Área;  
C – Comprimento;  
CC – Capacidade de campo;  
Da – Densidade aparente;  
DGP- Déficit de gestão permissível  
ET0 – Evapotranspiração de referência;  
ETc – Evapotranspiração cultural;  
H – Carga hidráulica, altura;  
ha – hectare;

hm<sup>3</sup>- hectómetro cúbico

I – Infiltração;

Kc – Coeficiente cultural;

KSAT - curva de condutividade hidráulica saturada;

kw- Kilowatt;

L – Comprimento, largura e litro;

PEP – Ponto de emurchecimento permanente;

PF - curva de tensão de humidade;

RFU – Reserva facilmente utilizável;

Q<sub>e</sub> – Caudal específico;

P – Precipitação; pressão;

U – Capacidade utilizável;

Y – Cota linha de energia;

Z – Cota de referência;

E – Equidistância;

g – Aceleração da gravidade;

log – Função logaritmo.

#### SÍMBOLOS

$\alpha$  – Coeficiente de *Coriolis*;

$\beta$  – Parâmetro;

$\Sigma$  - Função somatório;

$\Delta$  – Variação.

# 1 - INTRODUÇÃO

É do conhecimento geral que a água é um recurso imprescindível à vida, que se renova na natureza, Figura1, num espaço de tempo relativamente curto, o chamado ciclo hidrológico. No entanto, se a sua quantidade no ciclo hidrológico, apesar das alterações climáticas, é mantida mais ou menos igual a nível global, a sua qualidade tem sido afetada pelo mau uso que se lhe dá e, mais importante ainda, o seu ciclo natural tem vindo a sofrer alterações significativas, gerando crises hídricas de secas severas e extremas ou fenómenos de precipitação extremos.



**Figura 1** - Ciclo Hidrológico (Fonte: Sebenta de Hidrologia Agrícola)

Sabemos igualmente que a agricultura consome cerca de 70% desse bem e que os agricultores não têm prestado grande atenção e preocupação, tanto quanto ao seu uso eficiente, como quanto à sua poluição. A qualidade da água que percorre o ciclo hidrológico deve ser alvo de uma gestão criteriosa pela ação humana, contribuindo para uma boa administração e aproveitamento desse bem, devendo-se investir em estudos que desenvolvam meios tecnológicos, biológicos, experimentais, que levem a um maior controlo e vigilância, permitindo utilizar a água de modo mais sustentável, de forma a que se preservem ao máximo os aquíferos subterrâneos e que a água usada no setor agrícola não reentre no ciclo hidrológico sem primeiro obter o seu máximo rendimento na utilização agrícola, ou outra, preservando também ao máximo a sua qualidade.

De acordo com (Conceição & Rodrigues, 2021), O trinómio água, valor económico das culturas e a tecnologia atualmente ao dispor dos agricultores, são peças cada vez mais articuladas e fundamentais para dar resposta à intensificação da produção agrícola (elementar para a alimentação de uma população mundial crescente), de forma cada vez mais eficiente e sustentável. A rega é sem dúvida o recurso que pode beneficiar da inovação tecnológica para aumentar a sua eficácia. O aumento do uso das técnicas de rega de precisão com a inerente eficiência do uso da água, tem-se manifestado um fator determinante para a produtividade das culturas agrícolas, especialmente aquelas que se praticam em regiões de menor precipitação.

Para os autores citados, qualquer que seja o método ou sistema, utilizados, importam cada vez mais as técnicas capazes de progredir para uma boa gestão da água que se encontra armazenada no solo. Importa por isso reduzir a evaporação de modo a otimizar o volume de água utilizado pelas plantas. Existem várias formas para evitar ao máximo a evaporação:

- o aumento do teor de matéria orgânica do solo e a prática de culturas de cobertura;
- a promoção do volume de solo explorado pelas raízes (culturas perenes);
- a promoção da dessalinização do solo;
- a redução da compactação do solo, responsável por escorrimentos superficiais, e evaporação;
- a adoção de sistemas de produção policulturais, intercalando culturas anuais com culturas arbóreas;
- a monitorização das necessidades de rega das culturas, controlando as taxas de aplicação de água;
- o ajustar a gestão da rega tendo por base previsões meteorológicas.

Duas outras peças fundamentais no que a poupança de água e energia dizem respeito, são as auditorias e as manutenções/conservações dos sistemas de rega, sem as quais se torna impossível a correta aplicação da rega.

Tendo por base a necessidade do aumento de eficácia e otimização da quantidade de água fornecida às culturas e considerando que a manutenção e calibração das infraestruturas hidráulicas, são chaves mestras para uma exploração eficaz e sustentada dos sistemas de rega, propomo-nos neste trabalho, desenvolver metodologia que, baseada na rotina e

disciplina, permita ao agricultor efetuar a calibração do sistema hidráulico por forma a aferir a eficiência da rega relativamente ao sistema, obtendo assim ganhos monetários e ambientais.

## 2– ÂMBITO DO TRABALHO

No sentido de facilitar a compreensão e consulta deste trabalho, refere-se que a sua organização é a seguinte:

- no **Capítulo 1** temos uma introdução ao tema do trabalho;
  - no **Capítulo 2** a descrição da sua organização;
  - no **Capítulo 3** descrevem-se os objetivos que se pretendem atingir com a investigação em campo;
  - no **Capítulo 4** abordamos a pertinência do tema, face aos dados sobre alterações climáticas e a sua repercussão a nível de disponibilidade hídrica no período estival;
  - no **Capítulo 5** é feita uma síntese sobre o panorama climatológico e a necessidade cada vez mais pertinente de uma análise cuidada dos parâmetros sobre necessidades de rega versus ciclo cultural que fundamentam este trabalho.
  - no **Capítulo 6** pretende-se fazer o enquadramento edafo-climático da região e, mais especificamente, da área em estudo.
  - no **Capítulo 7** descreve-se toda a metodologia e materiais utilizados para a obtenção de dados.
  - no **Capítulo 8** apresenta-se a sumula da análise e interpretação de todos os dados obtidos
  - no **Capítulo 9** temos as conclusões, com o balanço e importância deste trabalho.
- Por fim no **Capítulo 10** indica-se, numa nota final, o que está menos bem e são sugeridas possíveis alternativas de melhoramento para otimizar o sistema de rega e reduzir custos.

### **3 - OBJETIVOS**

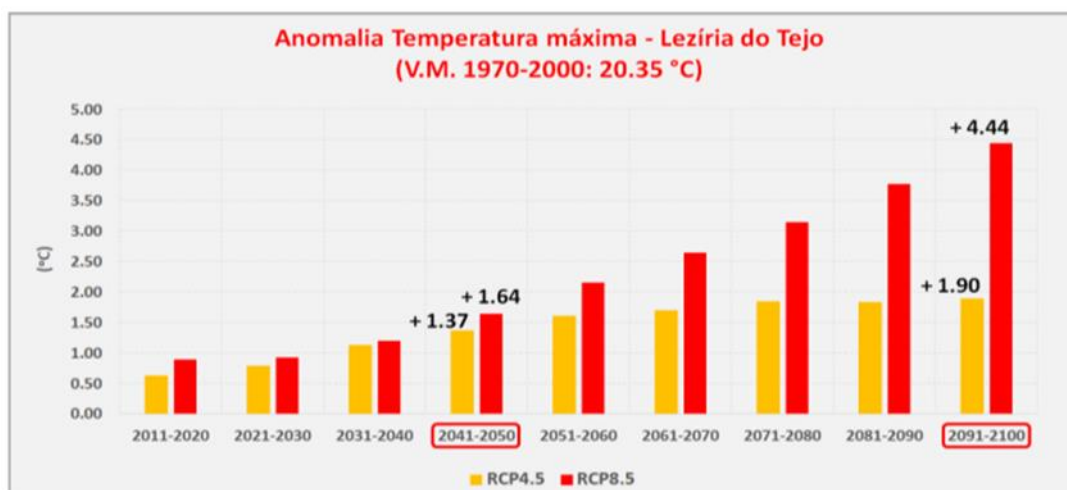
O presente trabalho tem como objetivos principais:

- identificação do sistema de rega da Quinta da Cardiga, suas infraestruturas, características de funcionamento hidráulico, principais aspetos operacionais de exploração e das necessidades de otimização do fornecimento de água à cultura;
- caracterização climática, pedológica, geográfica, da cultura a regar (milho-grão) e do método e sistema de rega;
- desenvolvimento de ações de inspeção e de manutenção preventiva e/ou corretiva e reconhecimento/identificação dos aspetos críticos de calibração do sistema de rega;
- obter uma versão calibrada, otimizada e plenamente funcional do sistema, que permita a otimização do uso da água de rega na cultura da parcela em estudo.

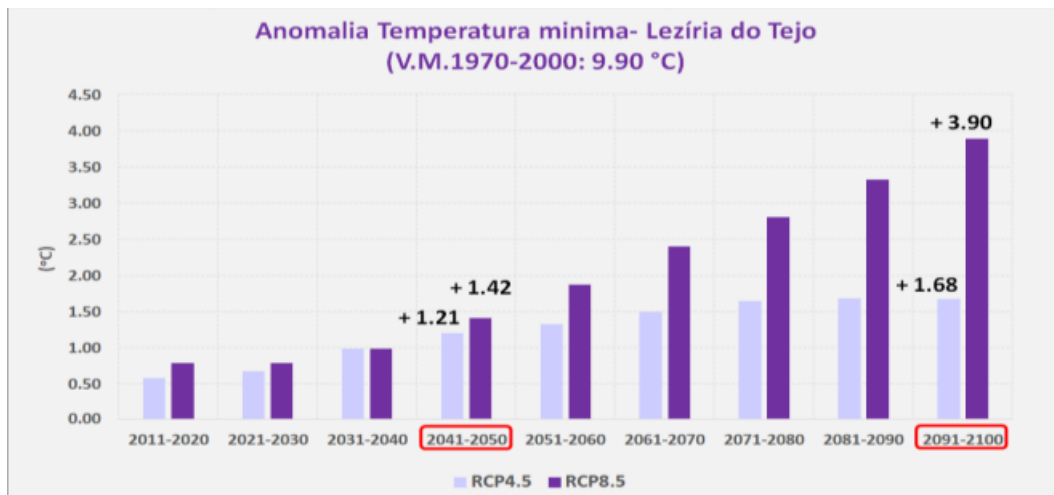
## 4- CONTEXTUALIZAÇÃO E PERTINÊNCIA DO TEMA

“Hoje, o agricultor pode saber quando regar e quanto regar. Sistemas de monitorização da água no solo (sondas de humidade aliadas a *software* de análise que cruzam essa informação, com parâmetros de solo e dados meteorológicos reais) permitem acompanhar a água ao longo do ciclo vegetativo das plantas, indicando a oportunidade e as reais necessidades de rega” (Martins, 2010).

A transformação climática, com as alterações a nível de temperaturas máximas e mínimas, é e será futuramente um fator condicionante para ajustar eficazmente as dotações de rega aos ciclos culturais. Na área em estudo, situada na Lezíria do Tejo, são visíveis nas Figuras 2 e 3 as anomalias projetadas na subida das temperaturas, num estudo do Portal do Clima para daqui a 30 e 80 anos .



**Figura 2** – Projeção das anomalias nas temperaturas máximas Lez.Tejo (Fonte: Portal do Clima)



**Figura 3** – Projeção das anomalias nas temperaturas mínimas ( Fonte: Portal do Clima)

“É indispensável a qualquer agrónomo conhecer o papel da água nas funções fisiológicas das plantas, o papel das plantas no ciclo hidrológico. Só na posse do conhecimento dos fenómenos, o seu enquadramento natural, as suas causas e os seus efeitos, será o técnico capaz de fazer as escolhas fundamentais, de decidir as opções convenientes de gestão dos recursos e fatores de produção, das atividades a desenvolver e das oportunidades para as promover, contribuindo assim para a sustentabilidade – ambiental e económica - da atividade agrícola” (Shahidian, *et al*,2012).

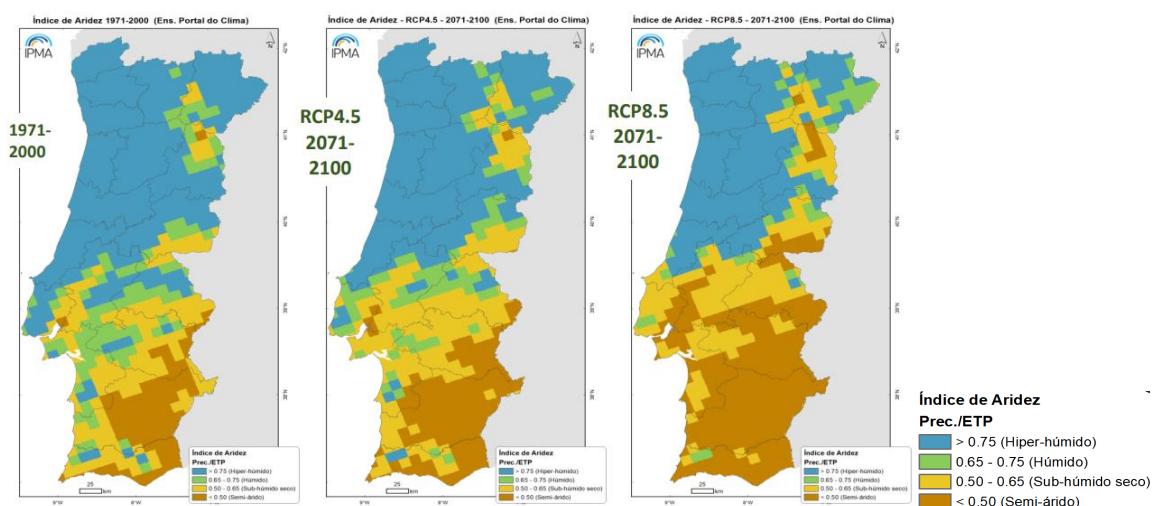
Com efeito é notória a crescente pressão da opinião pública e das políticas ambientais da água, para o uso eficiente deste recurso. Ações como as levadas a cabo por vários programas operacionais como o Programa Operacional para o Potencial Humano (POPH) têm promovido o uso eficiente da água e incentivado à adoção de novas tecnologias por parte dos agricultores de regadio. Esse incentivo tem lentamente dado frutos permitindo aos agricultores o acesso a novas metodologias e conhecimento com vantagens para a gestão e economia das suas culturas com o acréscimo de um uso mais eficiente dos recursos.

“Hoje em dia, "economizar água" e "economizar energia" são conceitos indissociáveis. A evolução tecnológica dos sistemas de distribuição de água tem levado a uma maior dependência de energia. A tecnologia permite controlar os processos de irrigação, desde a origem da água (furos, albufeiras, rios, etc.), aos sistemas de distribuição (canais, condutas, estações elevatórias...) até à própria aplicação da água às culturas (gota-a-gota ou aspersão)” (Campos, 2015).

“A eficiência do binómio água e energia é uma prioridade do Programa Nacional de Regadios 2018-2023, sendo uma componente fundamental para a gestão dos Aproveitamentos Hidroagrícolas, sistemas que envolvem a captação, o transporte, a distribuição e a utilização de elevados volumes de água” (Núncio *et al*, 2019).

Nós, humanos, dependemos da natureza. Pelo ar que respiramos, pela água que bebemos, pela comida que comemos – pela vida. A economia também funciona com a natureza. As crises do clima e da biodiversidade estão a ameaçar a própria base da vida na Terra e Portugal não é exceção. O índice de aridez tende a alargar no nosso território como se pode ver na Figura 4.

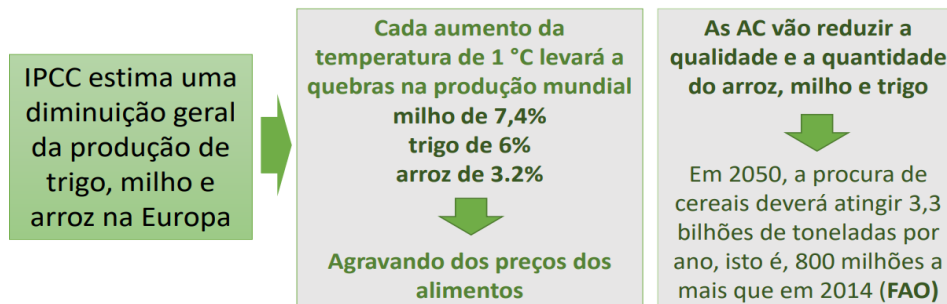
“Tem se haver uma progressão sólida no combate à crise climática, sendo, por isso, fundamental a adoção de boas práticas agrícolas, onde a proteção do solo e a eficiente gestão do uso da água e nutrientes representem um grande passo em frente no combate ao ecocídio iminente. “Quando restauramos a natureza e gerimos com parcimónia os recursos que ela coloca à nossa disposição, permitimos que ela continue fornecendo ar, água e solo regenerado que providenciem alimentos para o nosso sustento enquanto espécie e permitimos que ela nos proteja do pior da crise climática”. (Frans Timmermans; Nature restoration law – europa.eu,22/6/2022 ).



**Figura 4** - Alargamento do índice de aridez no território continental. Fonte IPMA em 12/12/2021

A Figura 5 , mostra-nos um resumo do estudo feito pelo Intergovernamental Panel on Climate Change (IPCC), onde se pode ver quais as percentagens de quebras de

produção estimadas em milho, trigo e arroz na Europa, por cada grau de aumento de temperatura e o quão dramático se afigura o cenário num futuro que é já “amanhã”.



**Figura 5** - Impactos do aumento de temperatura na agricultura, Fonte: IPCC 2/9/2022

## 5 – FUNDAMENTAÇÃO

O Clima que prevalece em Portugal é do tipo mediterrânico, sendo caracterizado por dois períodos distintos. O período invernal, que decorre de outubro a abril, sendo geralmente frio e chuvoso e onde ocorre uma precipitação por vezes excessiva. E o período estival, que decorre de maio a setembro, sendo geralmente quente, registando-se frequentemente um défice hídrico (Raposo, 1989).

Com o cenário de alterações climáticas, este período invernal geralmente chuvoso tem sofrido alterações, a chuva escasseia durante os meses de inverno e, já na primavera, os episódios de precipitação são muitas vezes de extrema intensidade e de curta duração provocando grandes prejuízos nas culturas, escorrência superficial e perdas por percolação. A estes problemas acrescem, como já foi referido, pela elevação das temperaturas médias, uma maior evapotranspiração e um aumento do nível de secura, panorama evidenciado nas Figuras 6 e 7.

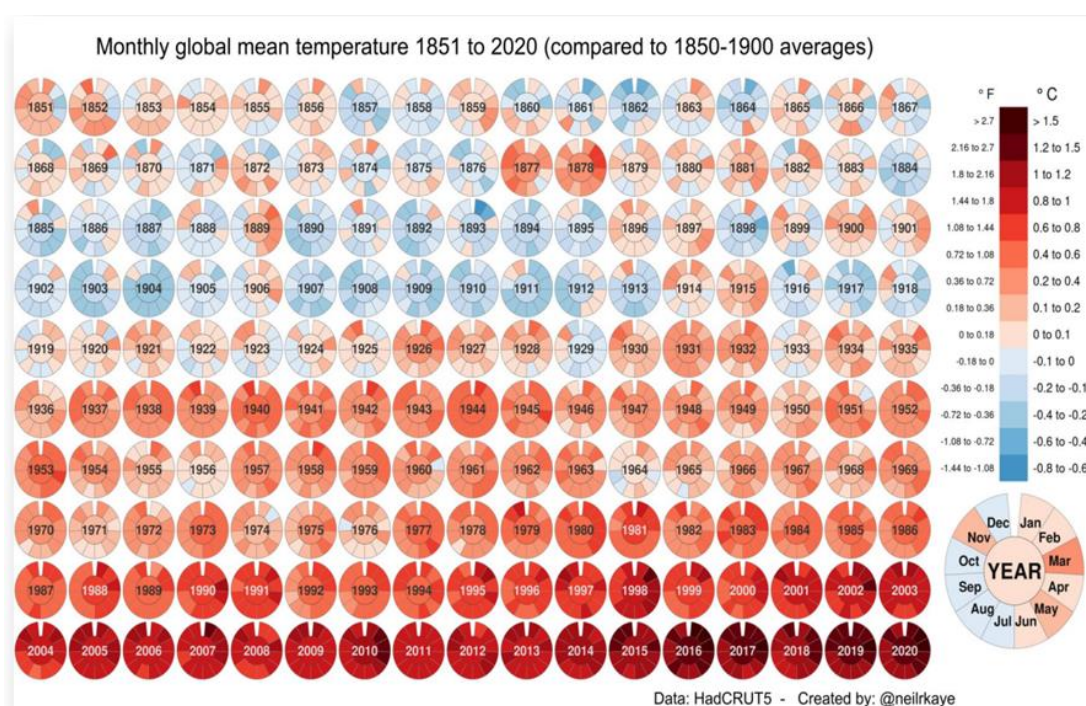
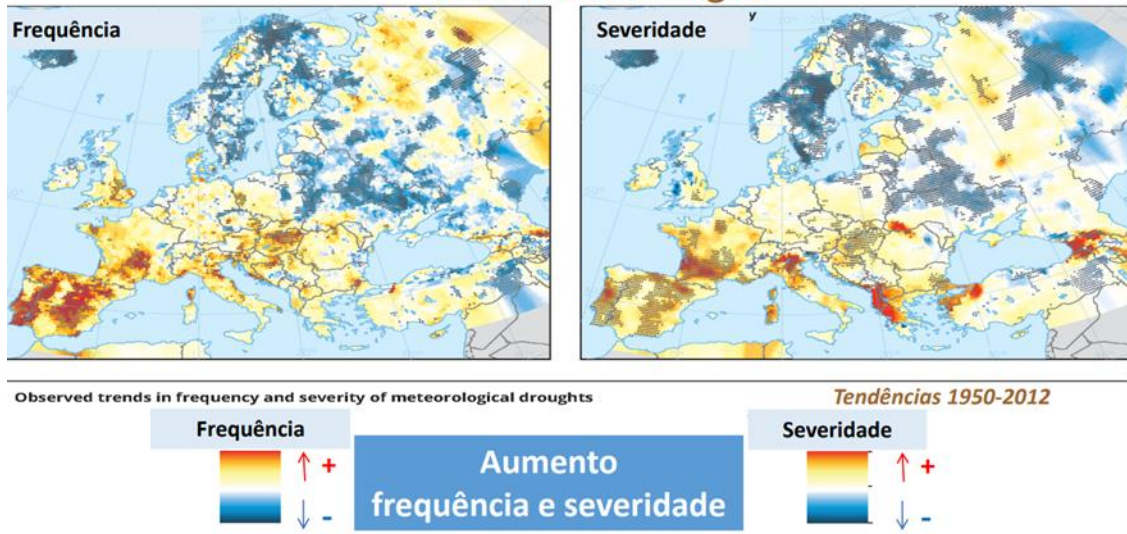


Figura 6 - Alterações climáticas-temperatura; Fonte IPMA em 12/12/2021

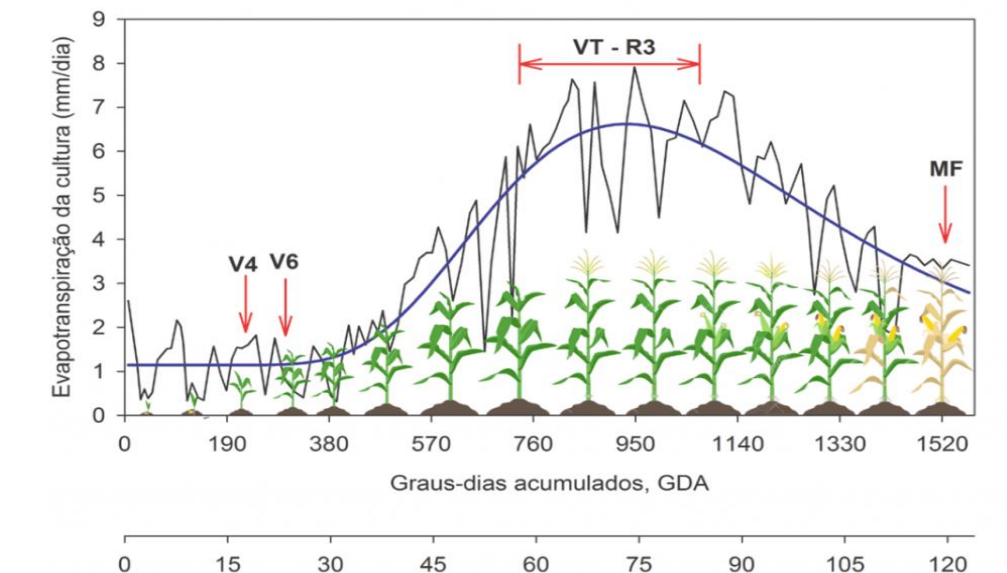
## Seca Meteorológica



*European Environment Agency (EEA)*

**Figura 7** - Seca Meteorológica; Fonte IPMA em 12/12/2021

Na cultura do milho grão, a maior suscetibilidade ao stress hídrico ocorre 20 dias antes do aparecimento da bandeira e 10 dias após o mesmo, ou seja, entre os cinquenta e os oitenta dias após a emergência, ou seja, no período VT-R3, conforme podemos observar na Figura 8.



**Figura 8** – Gráfico que conjuga valores de evapotranspiração da cultura de milho com GDA e DAS (dias após sementeira). Fonte: Sementes Biomatrix

Considerando o exposto e tendo sido a sementeira em finais de maio é no período estival que a rega é normalmente utilizada e se torna necessário conhecer as necessidades hídricas nos vários estágios fenológicos da cultura, conjugando-as com os dados de todos os outros fatores, balanço hídrico, pedologia e envolvente geográfica, de modo a obter resultados que indiquem se a água fornecida pela rega à cultura está de acordo com as necessidades ou se, pelo contrário, supera ou fica aquém dessas necessidades.

“Recomenda-se a adaptação da dotação de rega às fases de desenvolvimento da planta, para que a camada de solo humedecida corresponda aquela em que se encontra o maior raizame. Devem evitar-se as perdas por drenagem e escorrimento, que poderão ser diminuídas em terrenos inclinados recorrendo à realização de covachos. O período mais crítico de necessidade de água é o que decorre entre as três semanas antes da floração e 8-12 dias depois. Recomenda-se que a paragem de rega ocorra após a maturação fisiológica do grão (“ponto negro” no caso do milho grão)” (PRODI milho e sorgo- DGADR 04/2010 - <https://www.dgadr.gov.pt/> ).

Com efeito, é necessário dar particular importância ao consumo de água a que a instalação obriga, por a sua origem ser de aquíferos subterrâneos, por a fertirrega estar ligada a esse consumo e, por isso, serem pontos importantes a considerar na realização deste trabalho:

- avaliação dos consumos em excesso de água e de energia e, conseqüentemente, de fertilizantes, face ao que seria realmente necessário;
- indicação de elementos que evidenciem a necessidade de manutenção/reparação de alguns dos componentes da rampa de rega, com a conseqüente calibração da mesma.

## 6 – ENQUADRAMENTO EDAFO CLIMÁTICO

### 6.1 - INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

A parcela onde está instalado o sistema de rega em estudo pode ser visualizada na Figura 9. Está localizada num Aluviossolo antigo, mais precisamente caracterizado por cambissolos êutricos (Cardoso, 1965). São solos constituídos por rochas sedimentares post-Paleozoicas, com horizonte A, delgado, com cerca de 20 a 30 cm de espessura e um horizonte B mais antigo, do Cenozoico, que se afunda até 80 a 100 cm .

A Quinta da Cardiga, com um total de 300ha, fica situada em grande parte da sua área no concelho de Vila Nova da Barquinha, na margem direita da BH do Tejo, ao lado do IC3 que liga Golegã ao Entroncamento. A parcela em estudo, Figura 10, com 38,25 ha tem como coordenadas 39°27'09" N ; 8°27'14" O, uma altitude média de 27,10 m, e é regada através de um sistema de aspersão por rampa circular (vulgo pivot) com cobertura total.

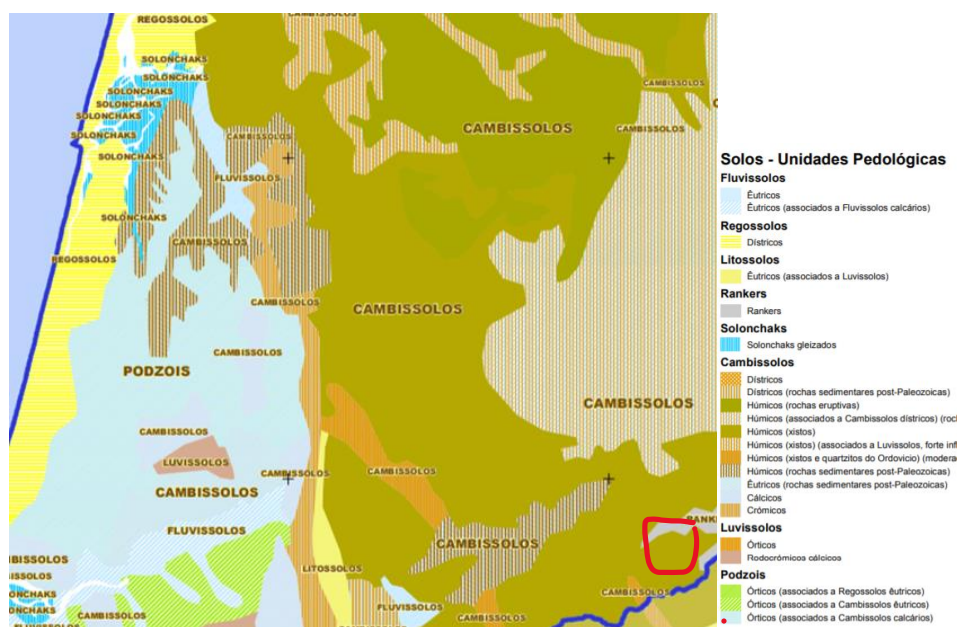
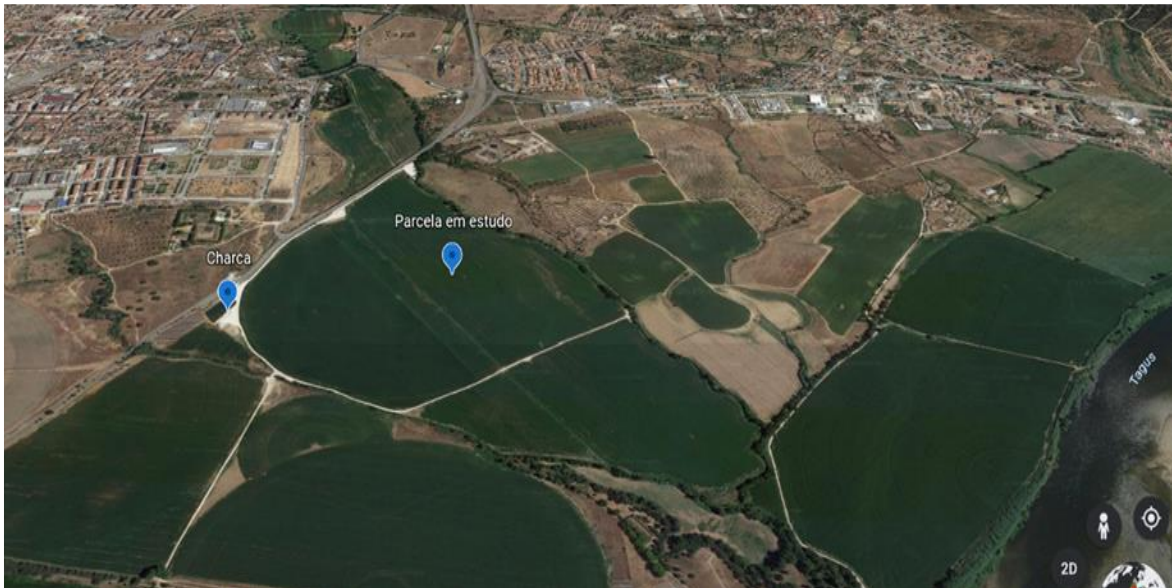


Figura 10 – Tipo de solos na Região da Golegã/V.N.da Barquinha (Fonte: Cardoso, 1965)



**Figura 10** – Localização da parcela em estudo

## **6.2 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA**

A região em causa é caracterizada por apresentar clima mediterrânico, com maior precipitação nos meses mais frios e pouca ou mesmo inexistente precipitação nos meses mais quentes (IPMA, 2013).

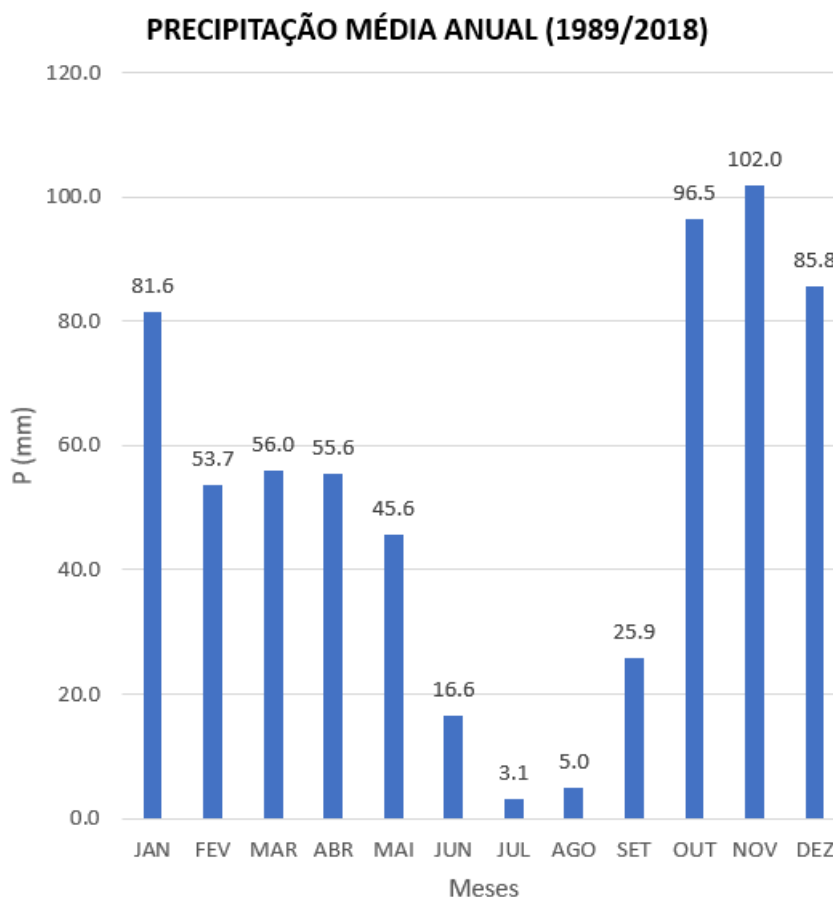
Segundo a classificação meteorológica de *Köppen-Geiger* (revisão de 1936), esta região insere-se num clima temperado do tipo “*Csb*”, com verões secos e suaves, tipicamente mediterrânicos de litoral, no qual ocorre normalmente um período de três meses de estiagem, bastante seco, e uma distribuição pluviométrica anual variável, com os meses de maior concentração de chuvas normalmente no semestre do outono/inverno, as temperaturas são amenas, com invernos pouco frios, no entanto, no Verão podem registar-se dias muito quentes, com temperaturas máximas superiores aos 35°C.

### **6.2.1 Precipitação**

Um dos parâmetros que nos interessa para este estudo é a precipitação mensal. Não só porque nos permite determinar as necessidades hídricas da cultura como também nos permite classificar o ano pluviométrico: em ano húmido, ano médio ou ano seco.

Para isso, foi coligida informação relevante junto do IPMA, para as séries longas oficialmente publicadas. Recolheram-se os dados da EM132 do IPMA (Estação

Meteorológica da Fonte Boa – Santarém – coord: N 39°12', W 8°44', alt. 73 m), por ser representativa das condições climáticas do local em estudo e por possuir uma série de dados longa e robusta. Fez-se o tratamento estatístico da série correspondente ao período de 1989/2018, amostra com 30 anos de dados aferidos. Na Figura 11 pode observar-se o resumo das médias (mensais e anual) da série (em mm) em histograma de distribuição.



**Figura 11** – Médias mensais e anual da série de precipitação em Santarém (EM132), anos 1989/2018.

A observação deste gráfico mostra essencialmente:

- a precipitação total anual média, que se cifrou em 625,5 mm nessas três décadas;
- nota-se, de facto, uma quase ausência de precipitação nos meses de julho e agosto. Segundo a metodologia de cálculo das necessidades hídricas aconselhada pela FAO56- *Crop Water Requirements Method*, (Allen *et al*, 1998), valores inferiores a 4 mm/mês não são contabilizados como contribuição de água nos balanços (reposição de água no solo). Assim sendo, não há mesmo fornecimento de água à natureza durante o mês de julho e essa contribuição em agosto é quase nula;

-a precipitação nas estações intermédias, (primavera e outono) contribuem significativamente para o fornecimento de água ao solo:

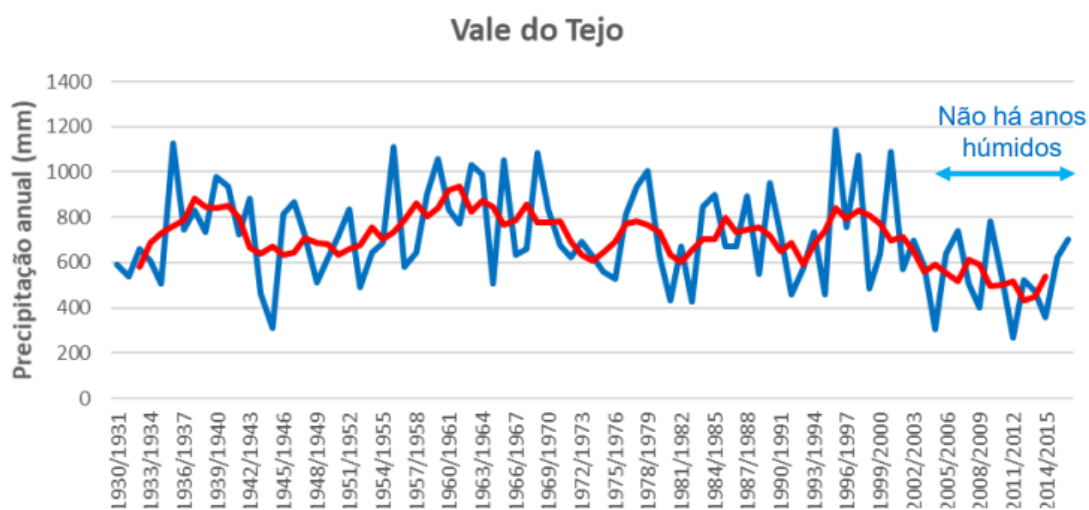
- na primavera, correspondendo à altura do ano em que se inicia a sua extração pelas plantas e ainda pela sua significativa contribuição para o armazenamento superficial;

- no outono, com reposição natural de água no solo numa fase em que se dá um decréscimo gradual do consumo de água por parte das culturas e com o início da reposição de água superficial após o período seco;

- observa-se ainda que os meses de outubro a dezembro são cruciais (e normalmente indicadores) para a previsão do comportamento da precipitação no ano seguinte;

- há um aspeto importante que se contextualiza no entendimento científico relativamente às alterações climáticas: o que de facto se tem alterado, segundo o IPMA, é a distribuição da precipitação ao longo do ano. Nestes últimos anos têm ocorrido episódios de precipitação mais curtos e intensos e mais espaçados ao longo do tempo.

Os últimos registos de precipitação, Figura 12, mostram que nas últimas duas décadas, nomeadamente entre os anos de 2002 e a atualidade não existiram anos húmidos na região de Vale do Tejo onde se encontra a rampa em estudo.



**Figura 12** – Variação da precipitação anual no Vale do Tejo, Fonte :APA 7/12/2021

Foi feita a análise estatística desta amostra para uma tentativa de caracterização da série considerada e avaliação da aderência dos resultados. Por recurso à função de distribuição normal, determinou-se a “densidade de probabilidade” para i) caracterização da amostra, ii) determinação das probabilidades de ocorrência dos valores de precipitação e iii) caracterização dos anos pluviométricos. Esta função segue a expressão,

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} \int_{-\infty}^x \exp\left\{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} dx$$

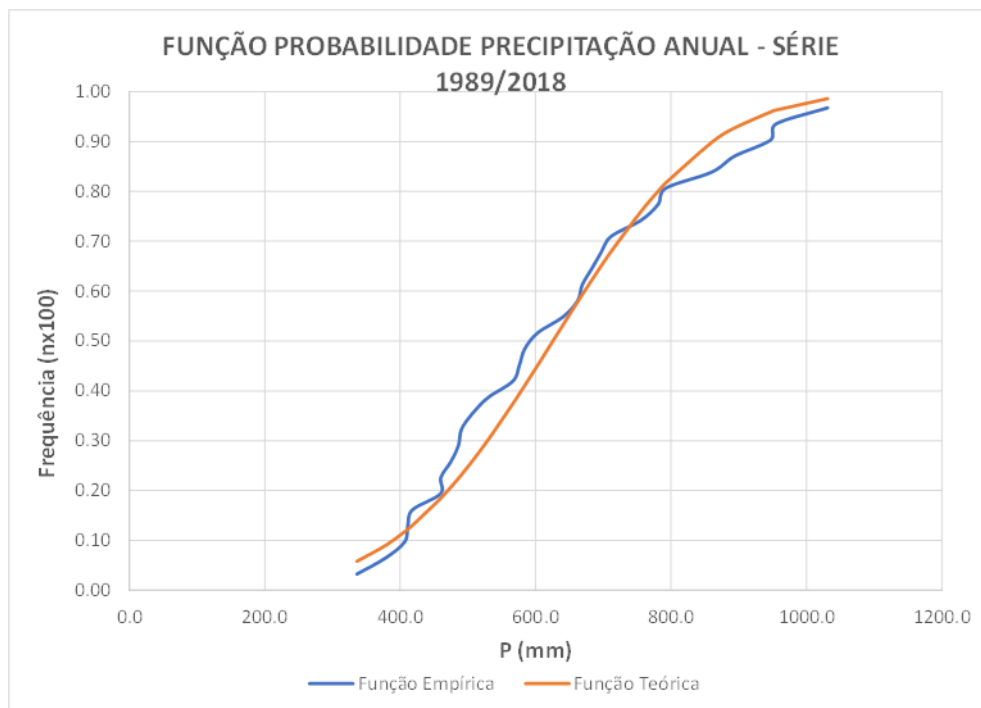
na qual as variáveis possuem o seguinte significado:

$\sigma$  – Desvio-padrão.

$\mu$  – Média.

$x$  – Valor em análise.

O resultado obtido é apresentado na figura 13.



**Figura 13** – Gráfico da função de distribuição da precipitação média anual da série de precipitação em Santarém (EM132), anos 1989/2018.

Sujeitou-se a amostra ao teste de ajustamento do qui-quadrado ( $\chi^2$ ), para avaliação da sua aderência à distribuição normal. Encontraram-se os resultados que se apresentam em baixo, Quadro 1, que demonstram não se dever rejeitar a hipótese de a função de distribuição normal utilizada descrever bem o comportamento da série de valores da precipitação total sobre a amostra em estudo.

**Quadro 1**– Descritores estatísticos e teste de hipóteses para a precipitação média anual da série de precipitação em Santarém (EM132), anos 1989/2018.

DESCRITORES ESTATÍSTICOS	
Nº registos	30
Média	625.5 (mm)
Desvio-padrão	184.4 (mm)
TESTE DO $\chi^2$	
Graus liberdade	3
Nível confiança	95 (%)
Estatística $\chi^2$ (tabela)	7.97
Variável $\chi^2$ (calc.)	3.07

A classificação do tipo de ano pluviométrico feita segundo cálculos do ISAREG, Quadro 2, quanto à ocorrência de precipitação é feita usando a divisão de percentis, assim teremos:

- anos muito secos – probabilidade até ao percentil 5 (valores anuais inferiores a 322 mm);
- anos secos – probabilidade entre o percentil 5 e o percentil 20 (valores anuais inferiores a 470 mm);
- anos médios – probabilidade entre o percentil 20 e o 80 (valores anuais entre 470 e 780 mm);
- anos húmidos – probabilidade acima do percentil 80 (valores anuais entre os 780 e os 928 mm);
- anos muito húmidos – probabilidade acima do percentil 95 (valores anuais acima dos 928 mm).

**Quadro 2** – Classificação do tipo de anos pluviométricos de acordo com a probabilidade de ocorrência.

TIPOLOGIA	F(x)teór.=F(z)	z	x (mm)
anos mto. secos	0.05	-1.6449	322.2
anos secos	0.20	-0.8416	470.3
anos médios	0.50	0.0000	625.5
anos húmidos	0.80	0.8416	780.7
anos mto. húmidos	0.95	1.6449	928.8

A análise destes dados mostrou-nos que nos 30 anos estudados (entre 1989 e 2018), surgiram-nos 7 anos secos e 7 anos húmidos (dos quais 3 anos muito húmidos). Os restantes 16 anos foram anos médios. A classificação anual é mostrada no Quadro 3.

**Quadro 3** – Classificação da precipitação anual na série de 30 anos avaliada.

ANO	P (mm)
2007	336.0
2005	378.4
2017	406.5
2015	411.2
2004	418.0
1992	459.6
1998	459.9
1994	474.9
2012	486.0
2008	490.4
1991	506.7
2013	530.4
1999	566.4
2011	576.0
1990	583.8
1995	602.9
2002	640.4
2016	662.0
2009	668.9
2001	682.9
1993	696.6
2018	711.5
2014	755.4
2003	780.9
2000	792.2
1989	859.9
2006	894.1
2010	947.1
1996	955.0
1997	1031.2

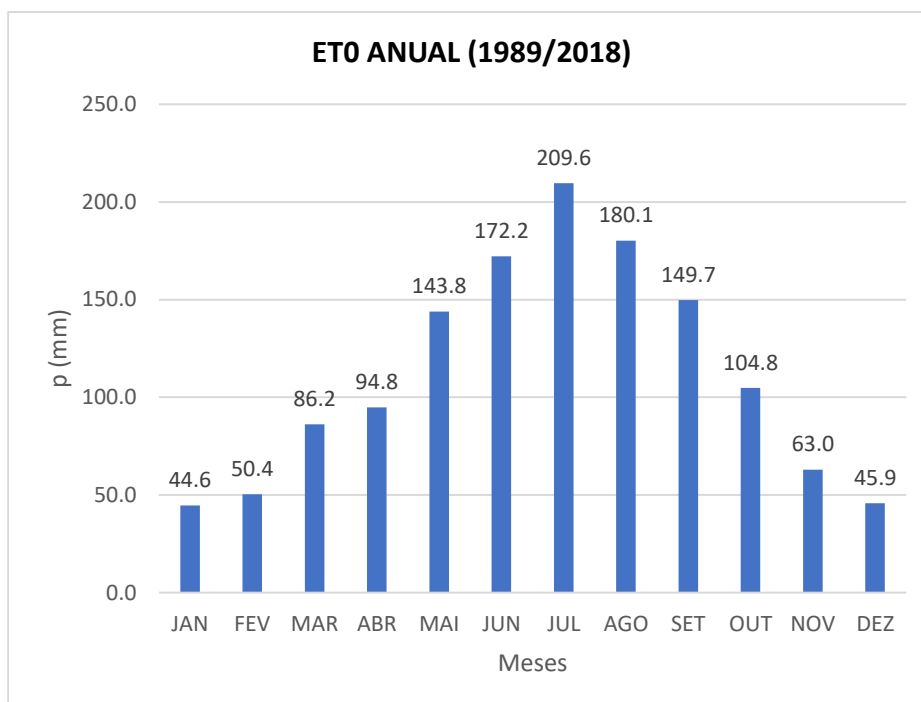
Legenda:		
Ano seco		
Ano médio		
Ano húmido		
Ano muito húmido		

### 6.2.2 Evapotranspiração de referência

Para a determinação das necessidades hídricas da cultura instalada, é preciso avaliar a evapotranspiração de referência média mensal e anual (ET<sub>o</sub>). Ela é estimada por aplicação de uma metodologia de cálculo apropriada em que a superfície de referência é uma cultura de relva hipotética, com uma altura de 0,12 m, uma resistência à superfície de 70 s m<sup>-1</sup> e um albedo de 0,23.

Sobre este parâmetro, coligiu-se a informação da mesma (EM) e para idêntico período (1998-2018) tratada posteriormente no programa ISAREG. Os valores utilizados são da responsabilidade do IPMA e foram determinados pelo método de *Penman-Monteith*. (FAO56 Allen *et al*, 1998).

Na Figura 14 pode ser observado o gráfico da sua distribuição anual cujo somatório é de 1 345mm. Porque é típico do clima mediterrânico, verifica-se que durante os meses secos, a ETo média máxima mensal chega a atingir valores diários rondando os 6,7 mm e que a sua curva de distribuição atinge os maiores valores no Verão, época em que a precipitação é praticamente nula.



**Figura 14**– Gráfico com a distribuição da evapotranspiração de referência mensal, da série de 1989/2018, para a EM132 – Santarém.

### 6.2.3 – Escoamento

Esta situação aliada à diminuição de escoamento na bacia do Tejo (RH5+ES- Figura 15) e ao atual cenário de seca severa em quase todo o território nacional, tornam o panorama do uso de água pelo setor agrícola deveras alarmante.

## Disponibilidades de água: Escoamento anual

Percentagens de diminuição ao nível de cada uma das bacias internacionais considerando a parte espanhola e a parte portuguesa

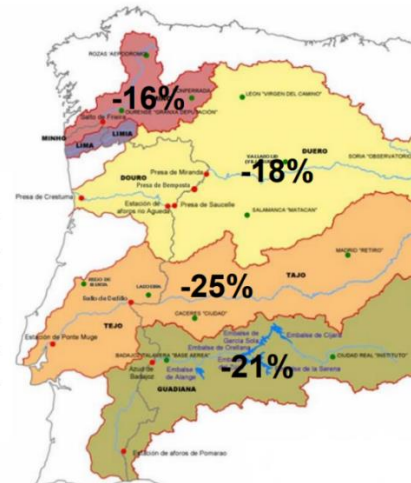
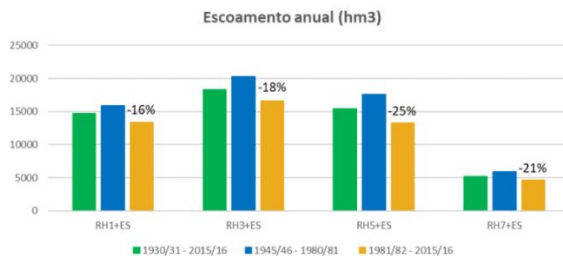


Figura 15 – Mapa de escoamento anual da bacia do Tejo, Fonte: APA 7/12/2021

### 6.2.4 – Cultura instalada

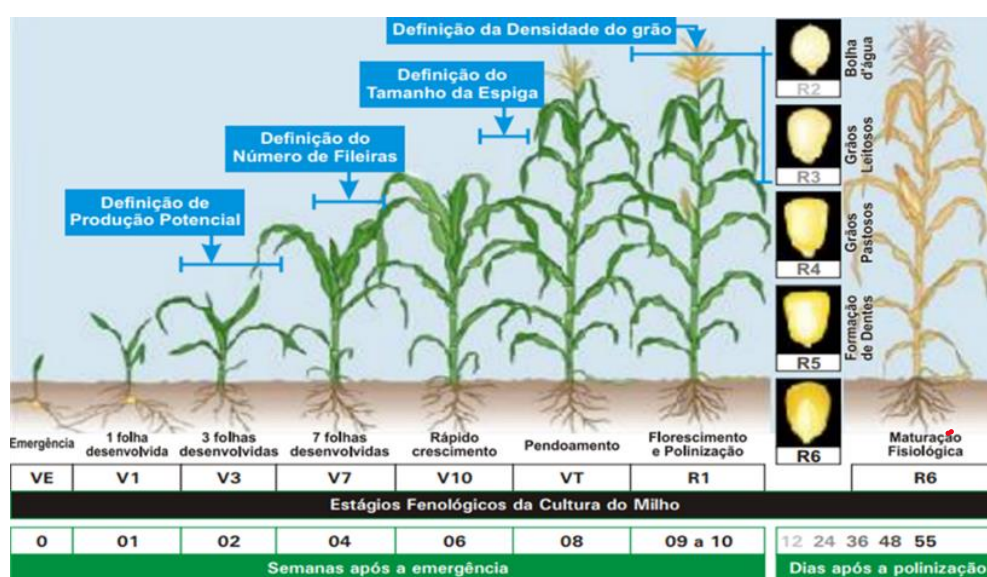
A cultura, à semelhança de anos anteriores, é de milho grão, *Pioneer P0937* ciclo FAO 500 CRM 108, semi precoce, cujos estágios fenológicos, respetivas necessidades hídricas e coeficientes culturais se podem observar nas Figuras 16 e 17. Tem como densidade de sementeira aconselhada 90 000 plantas/ha e tem produtividade média de 16,5 t/ha, sendo que o peso da maçaroca varia entre 180g e 200g.

Segundo Barros J. *et al* (2014), o milho é uma cultura com grandes necessidades de água, mas que a usa com grande eficiência na produção de matéria seca. Tem necessidades totais de 500-600 mm, necessidades diárias de 2-3mm até as plantas atingirem 30-40cm, e de 7-10mm na fase reprodutiva. Durante o embandeiramento/floração, deficiências hídricas de 1-2 dias ou 6-8 dias, podem provocar quebras de produção de, respetivamente, 20% e 50%.

Se ocorrer stress hídrico durante o período de floração, o número de flores por espiga diminui e a fecundação é afetada, o que vai originar menor número de grãos por m<sup>2</sup>. Se esse stress ocorrer na fase de enchimento do grão, o peso médio dos grãos diminui consideravelmente. Na Figura 16 são definidas as fases culturais e a sua relação com a rega.

Na área em estudo, excetuando 10 a 15 metros de bordadura, toda a área abrangida pelo pivot foi semeada no dia 21 de maio de 2022, em pé de galo, com 14,5 cm entre plantas. O objetivo foi o de colocar mais plantas por hectare, cerca de 92 000, e obviar o crescimento de infestantes.

Se por um lado não se observaram infestantes, consideramos que a densidade de plantação usada, sobretudo a partir de V10, não permitia que uma parte da precipitação chegasse ao solo ficando retida nas folhas, o que aliado ao facto de se realizarem regas no período de maior calor, criava grandes probabilidades de ocorrer uma grande evaporação da água de rega.



**Figura16** – Estágios fenológicos da cultura do milho grão (Fonte: Pioneer)

De referir que os valores médios de coeficientes culturais para o milho grão, para uma altura de plantas de dois metros, facilmente atingidos pela variedade usada, FAO 500, poderão atingir de acordo com a FAO56, Kc ini – 0,3, Kc mid – 1,10 e Kc end – 0,60, Figura 16.

No caso em estudo considerámos para cálculo dos coeficientes culturais intermédios:

Kc1 – período entre 21/5/2021 sementeira e 07/06/2021 (V4)

Kc2- período entre 07/06/2021 e 5/7/2021 (V5 a VT)

Kc3 – período entre 5/7/2021 e início de agosto (VT a R1)

Kc4 – Período de granação e maturação, mês de agosto e início de setembro.

Kc5 – Período entre maturação e colheita, até última semana de setembro

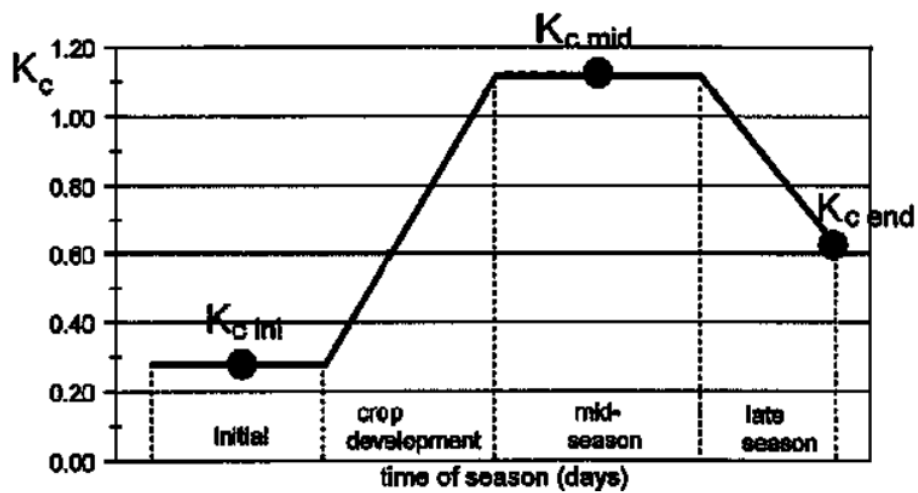


Figura 17 – Coeficientes médios de cultura ( $K_c$ ) de referência, em função das fases do ciclo de crescimento. Fonte: FAO56.

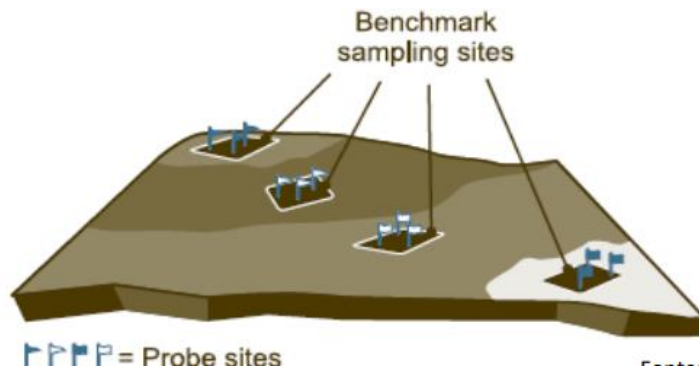
## **7- METODOLOGIA**

“No caso da rega de precisão, o conceito relaciona-se com a tomada de decisão sobre o quando, quanto e onde regar, envolvendo a capacidade de georreferenciar a variabilidade espacial da parcela regada, quer em termos de necessidades, quer em termos de dotação de rega a aplicar. Para tal, é fundamental proceder à monitorização da água no solo e conhecer o estado hídrico e vegetativo da cultura. No atual estado de arte, quatro níveis de instrumentação foram considerados na monitorização: caracterizar a variabilidade dos solos; monitorização de água no solo assente em sistemas sensoriais; monitorização através da interpretação de índices vegetativos e, por último, soluções assentes em softwares e plataforma digitais capazes de analisar dados de várias origens permitindo, baseados em modelos preditivos, determinar a prescrição de rega a aplicar à cultura num dado momento e local”. (Conceição & Rodrigues- 2021).

Na metodologia para este trabalho o primeiro passo foi o de proceder a uma pesquisa e recolha de informação bibliográfica a utilizar.

### **7.1 – Reconhecimento do local e levantamento pedológico**

Foi efetuada uma visita ao local em estudo no passado dia 7 de janeiro de 2022, onde através da abertura de dois poços, distantes entre si cerca de 200 m, com cerca de metro e meio de profundidade, utilizando anéis específicos, Figuras 18 e 19, recolhemos amostras de solo não perturbadas, a dois níveis de profundidade, 30 e 60 cm, e a testemunha de referência, recolhida a 40cm, para posterior avaliação das suas principais características físicas e químicas, nomeadamente a condutividade hidráulica saturada, percentagem de areia, análise granulométrica e densidade aparente. O poço 1, com as coordenadas 39°27'23"N -8°25'30"W, cota 30 m, tem um horizonte A delgado e um horizonte B profundo e o poço 2, com as coordenadas 39°27'8"N -8°27'22"W, cota 20 m tem um horizonte A que se estende até cerca de 1 metro de profundidade.

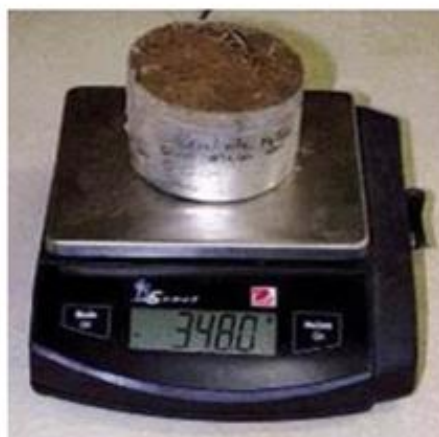


**Figura 18 - Exemplo** de amostragem de referência por estratos Fonte AOPA s/d



**Figura 19 – Anéis** para recolha de amostras não perturbadas

Após a análise em laboratório e na impossibilidade de se conseguirem obter resultados das curvas de tensão de humidade (PF) e de condutividade hidráulica saturada (KSAT), conseguiu-se apurar a densidade aparente do solo em g/cm<sup>3</sup> resultante do quociente entre a massa do solo seco em gramas pelo volume de solo em cm<sup>3</sup> das amostras conforme Figura 20 e Quadro 4. Conseguiu-se também apurar a classe textural das amostras referidas, nas análises texturais do poço 1 e 2 em anexos.



**Figura 20 – Pesagem** da amostra



## 7.2- Taxa de infiltração

Outro parâmetro muito importante é a taxa de infiltração superficial, que se analisa associada aos dados das curvas PF e da KSAT, que, como já referimos, infelizmente não conseguimos apurar, pelo que não conseguimos avaliar o comportamento da taxa de infiltração superficial na área em estudo, que na argila sabemos ser de 1 a 5 mm por hora.

A metodologia usada para o cálculo da infiltração superficial baseia-se em (Oliveira,2003) e foi desenvolvida com o intuito de calcular a recarga de águas subterrâneas por balanço hídrico sequencial diário. Este método, na sua forma mais simples, utiliza a equação:

$R = (P - E_d) - E_{TR} - \Delta AI$ , onde R é a recarga, P é a precipitação,  $E_d$  o escoamento direto,  $E_{TR}$  a evapotranspiração real (a partir do solo) e  $\Delta AI$  a variação do armazenamento de água no solo entre o final do dia e o início do dia seguinte. Na formulação apresentada, a diferença  $(P - E_d)$  representa a precipitação efetiva. Considerando-se o caso de uma parcela de um terreno, constata-se que a quantidade de água que atinge o solo pode: (1) infiltrar-se; ou (2) ficar retida à superfície (poças de água), no caso da intensidade de precipitação ser superior à taxa de infiltração do solo; ou (3) escoar à superfície, no caso da capacidade de armazenamento à superfície estar esgotada, ou quando existe declive, (Oliveira, *et al*, 2003).

A taxa de infiltração depende do tipo de solos (granulometria e estrutura) e de condições particulares, resultantes da mobilização do solo e do declive. No Quadro 7 apresentam-se os valores médios para os vários tipos de solo.

**Quadro 7** - Taxa básica de infiltração conforme tipo de solo. Fonte :RELREG

<b>Tipo de Solo</b>	<b>Taxa básica de infiltração (mm/h)</b>
Arenoso	30
Areno limoso	20-30
Limoso	10-20
Limo-argiloso	5-10
Argiloso	1-5

A taxa básica de infiltração (T) em mm/h, Quadro 7, é a que se verifica após a estabilização da infiltração. Esta taxa permite caracterizar os solos tendo em vista o regadio. Resulta do quociente entre a dotação de rega (D) e da infiltração (I), em que  $T=D/I$

Equações empíricas para o cálculo da infiltração, Equação de *Kostiakov*

$I = kt^a$  em que, I= Infiltração acumulada t- tempo de infiltração K e a são constantes dependentes do solo sendo sempre  $a < 1$

Equação de *Kostiakov-Lewis*;  $I = kt^a + TBI * t$ , em que TBI é a taxa básica de infiltração.

### 7.3 Cálculo das necessidades hídricas

“O cálculo das necessidades hídricas é baseado numa aproximação simplificada do balanço hídrico do solo, considerando este um reservatório que recebe água através da precipitação, da rega ou da ascensão capilar e que perde água através da evapotranspiração das culturas, do escoamento superficial ou da drenagem profunda.” (Teixeira *et al.*, 1995- RELREG ).

Na Figura 21 podem observar-se os fluxos e movimentos da água no solo.

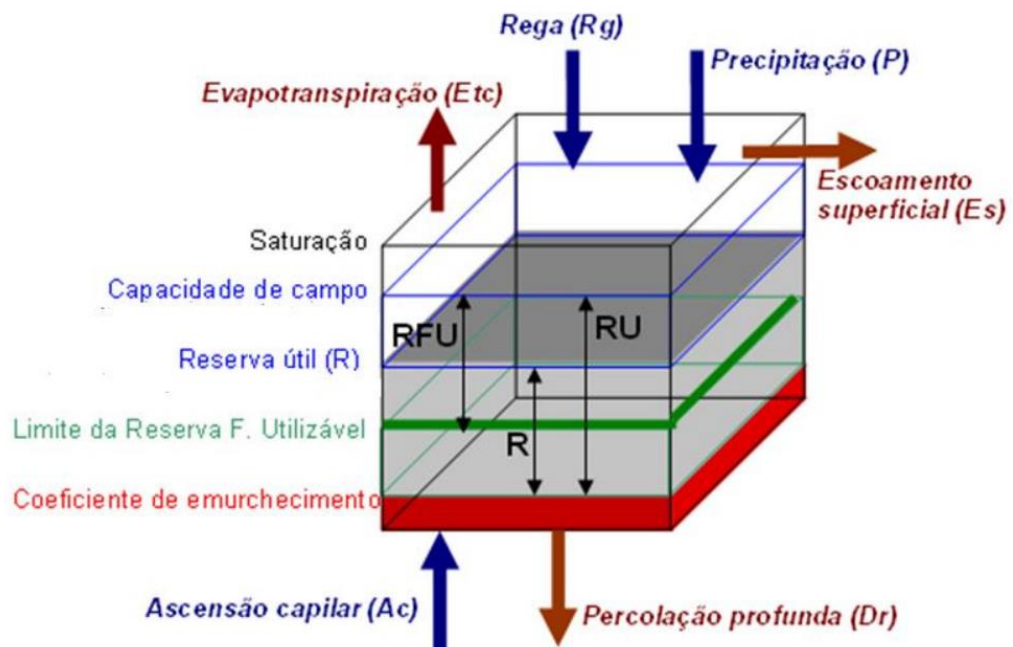


Figura 21 - Movimentação da água no solo. (Teixeira *et al.*, 1995- RELREG )

As entradas de água correspondem a precipitação, rega e ascensão capilar e as saídas correspondem à evapotranspiração da cultura, a escoamento superficial ou a percolação em profundidade.

Para determinarmos as necessidades hídricas anuais e de ponta associadas à cultura de milho grão, recorreremos à aplicação informática ISAREG (Teixeira, 1992), desenvolvida no Departamento de Engenharia Rural do ISA (UL). Este programa de cálculo permite realizar um balanço hídrico de determinada cultura, em determinado tipo de solo e em determinada época do ano. Neste caso foram realizados balanços mensais, com partições decendiais e distribuição estatística para a série temporal analisada.

As necessidades úteis de rega (NUR) foram determinadas a partir de um balanço-tipo, entrando em conta com as necessidades e com as disponibilidades hídricas. O balanço de água no solo é dado pela expressão:

$$NUR = (ETc + Es + Dr) - (Rg + P + Ac)$$

em que:

NUR – Necessidades úteis de água (mm);

ETc – Evapotranspiração cultural (mm);

Es – Escoamento superficial (mm);

Dr – Percolação em profundidade (mm);

Rg – Rega (mm);

P – Precipitação (mm);

Ac – Ascensão capilar (mm).

A aplicação informática em questão utiliza, para as rotinas de cálculo, as variáveis climáticas normalmente usadas para este fim: a precipitação efetiva ( $Pe = P \times Ke$ ), a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) e os coeficientes culturais ( $K_c$ ) das culturas, estes últimos normalmente obtidos a partir da bibliografia especializada (FAO 56, Allen, *et al*, 1998). As saídas contêm os valores das necessidades hídricas úteis das culturas em intervalos de tempo decendiais ou mensais, para todos os anos que foram considerados.

Neste caso, para a realização das simulações com recurso ao programa ISAREG, usou-se a informação climática relevante:

- precipitação média mensal (P) aferida para a série de 30 anos antes apresentada, (1989-2018);
- evapotranspiração de Referência média mensal (ET<sub>o</sub>) (determinada através da equação de *Penman-Monteith* (FAO 56, Allen *et al*, 1998) para a mesma série temporal, antes apresentada.

Usaram-se também as características físicas do solo no caso em estudo, foram consideradas as características físicas médias do solo argiloso, como variáveis físicas, de entrada do programa. Essas características foram, o teor de água à capacidade de campo, o coeficiente de emurchecimento, a densidade aparente do solo e a profundidade do solo. Considerou-se ainda o “coeficiente facilmente utilizável”. Os valores utilizados são mostrados no Quadro 8.

**Quadro 8** – Características físicas padrão do tipo de solo utilizadas no programa ISAREG.

SOLO	
Textura - fina	
CC -	48%
PEP -	19%
U -	29%
Da -	1.3
Cfu -	0.6
Z <sub>0</sub> (m) -	0
Z <sub>MÁX.</sub> (m) -	1.20

O cálculo do balanço hídrico obtido foi transferido para folhas de Excel, procedendo-se a toda a elaboração de cálculos da carta de rega da rampa polar e ao consequente tratamento estatístico dos resultados.

## 7.4 Rampa Polar

A rampa polar de revolução total, Figuras 22 e 23 é um sistema de irrigação por aspersão, onde a aplicação da água à cultura é feita através de aspersores equidistantes de 2,8 metros, instalados sobre uma haste apoiada em torres que se movem através de rodas pneumáticas, acionadas por motores. Segundo os dados técnicos da máquina disponíveis em anexos, a área regada é função do raio ao quadrado da rampa. O custo por unidade de área decresce inversamente ao comprimento da rampa, no nosso caso o raio da

máquina é de 349 metros, e o raio regado é de 344,64 metros, para um perímetro de 1 959 metros. A sua estrutura é composta por três torres com 49,12 metros, três torres de 54,86 metros, um lança suspenso de 16,7 metros e um canhão de aspersor final que cobre 16 metros.



**Figuras 22 e 23 - Rampa polar**

De referir que a rampa polar está adaptada com o sistema VRI (*Variable Rate Irrigation*) que permite a rega por manchas. Este *software* aplicado na rampa polar permite criar um plano de rega a taxa variável de acordo com a informação da condutividade elétrica do solo, dados de rendimento, informação topográfica ou existência de sobreposição de rega.

A máquina possui também um quadro elétrico Figura 24, ligado por telemetria ao computador do agricultor



**Figura 24 - Quadro da máquina.**

## 7.5 Charca de alimentação de água na rega da propriedade

A charca que abastece os sistemas de rega da exploração, Figura 25, é abastecida por cinco furos de captação de água com profundidades que variam entre os 60 e os 70m e tem a capacidade de 25 000m<sup>3</sup> de volume útil, estando à cota de 27,1 metros, enquanto a cota do centro da máquina é de 18,3 metros. Tem uma profundidade de 10,5 metros.



**Figura 25-** Charca que alimenta toda a rega da exploração

## 7.6- Trabalho de campo e materiais usados

O trabalho de campo efetuado incidiu na monitorização dos consumos de água e energia, por forma a ser avaliado o desempenho hidráulico e a uniformidade de distribuição, comparando com a carta de rega, calculada através do programa ISAREG. De salientar que o CU (coeficiente de uniformidade) está estabelecido para rega por aspersão é de 90%.

A avaliação e aferição da carta de rega, diagrama pluviométrico e da uniformidade de distribuição da água de rega, foi feita através da recolha da água que sai da rampa durante a rega, em copos pluviométricos, onde o volume de água recolhido nos permitiu fazer todos os cálculos, cruzando com dados das sondas, da carta de rega e com os parâmetros de NDVI (Índice de Vegetação de Diferença Normalizada), NDMI (Índice de Humidade de

Diferença Normalizada), obtidos através das sondas uma vez que estas têm ligação ao satélite Sentinel 2,  $ET_0$  (evapotranspiração de referência) e  $K_c$  (coeficiente cultural).

Estes copos de 1 000ml, Figura 26, têm de ser certificados, para existir rigor na medição.



**Figura 26** - Copo pluviométrico de 1000ml certificado

Foram colocados no terreno 25 copos partindo do centro da máquina para a periferia, a uma distância entre eles de 13,5m, medida com o auxílio de uma fita métrica de 50 m, sendo o terreno nivelado recorrendo a ferramentas próprias, Figura 27 e colocados fora de qualquer zona onde existissem folhas de plantas que provocassem interceção ou escorrência da água de rega.



**Figura 27** - Fita métrica 50mt, nível, espátula e martelo enxada

A máquina era colocada a funcionar bastante antes da passagem sobre os copos e após a passagem da rampa de rega com CU de 70%, os copos, foram recolhidos limpos de terra que pudesse ter aderido às paredes de forma a não haver alteração no efetivo peso da água e pesados, Figura 28. Registado o peso de cada copo após colheita e retirado o valor da tara, obteve-se o peso, em gramas, da água efetivamente recolhida de realçar o facto de em todas as colheitas a velocidade do vento não ter sido significativa para influenciar a colheita da água. Fez-se a conversão em L/m<sup>2</sup> e depois em m<sup>3</sup>/ha.



**Figura 28** - Pesagem e registos após colheita

Através de leituras de caudal e pressão de funcionamento, com a medição de volume de água no contador volumétrico, Figura 29 e cronometrando o tempo, obteve-se o caudal da máquina. A partir do apuramento deste caudal retiraram-se os parâmetros qualitativos da rega, (coeficiente de uniformidade de 90% e uma área adequadamente regada em 60%), e comparando estes dados com as necessidades do ciclo fenológico da cultura, conseguiu-se avaliar o que estava a ser feito de forma menos correta.



**Figura 29** - Contador volumétrico

## 7.7 - Rede de distribuição

Para avaliar a rede de distribuição, não se conseguiu indicadores de desempenho, ou seja, métodos diretos que permitissem, através de medições, verificar perdas e fugas. Por esse motivo, foram usados métodos indiretos, como monitorização na origem, em termos de bombagem, caudal, pressão, volumes fornecidos e horas de trabalho e calculadas as diferenças entre entrada e saída.

## 7.8 - Fertirrega

A fertirrigação, operação cultural muito importante pelo fornecimento de nutrientes á cultura e também pela sua conseqüente pegada ecológica, foi avaliada através do sistema de rega, usando o fator diluição.

Unidades fertilizantes recomendadas expressas em: Azoto – N; Fósforo –  $P_2O_5$ ; Potássio –  $K_2O$ .

O fósforo aplicado sob a forma de  $P_2O_5$ , é um fator de precocidade, estimula o desenvolvimento radicular, incrementa a resistência mecânica dos caules (compensa os excessos de azoto), influencia positivamente a floração, fecundação, formação e maturação do grão.

O potássio aplicado sob a forma  $K_2O$ , aumenta a taxa fotossintética, melhorando os crescimentos para densidades de sementeira elevadas, e aumenta a resistência das plantas à secura.

Estes dois nutrientes foram aplicados em profundidade, cerca de 200kg/ha na proporção 15-25 respetivamente.

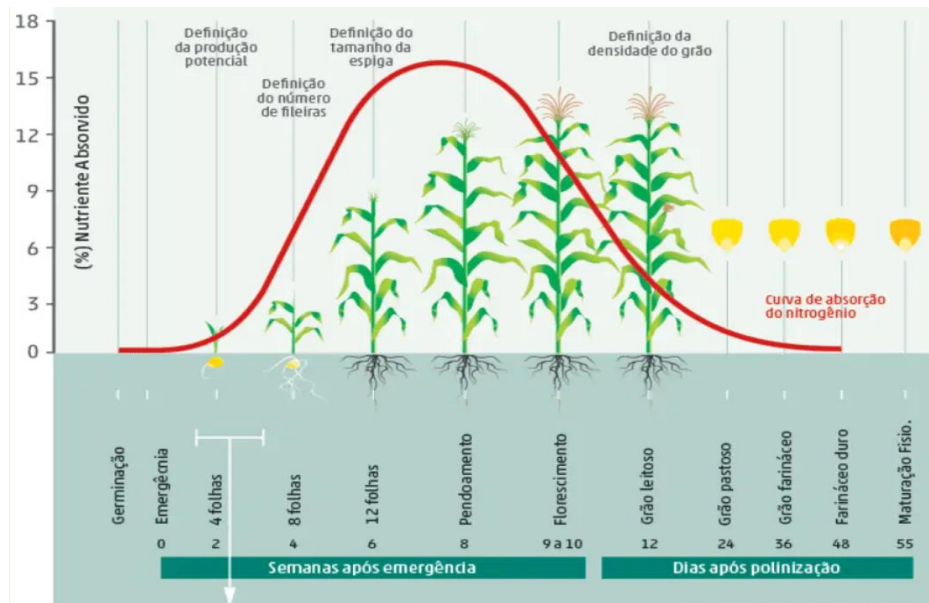
O azoto, fundamental para se alcançarem as máximas produções, aumenta o teor de proteína do grão e melhora a digestibilidade do milho forragem.

O ritmo de absorção do azoto varia ao longo do ciclo cultural do milho, Figura 30, de acordo com informação da AMPROMIS a percentagem de absorção varia da seguinte forma:

- Até à fase das 8-10 folhas, as necessidades são diminutas (menos de 10% do total absorvido), pois as raízes estão pouco desenvolvidas e o solo liberta pouco azoto (devido às temperaturas mais baixas registadas nesta fase do ciclo, que retardam a mineralização);
- A partir das 10 folhas e até ao escurecimento das barbas, a absorção é muito intensa, 60 a 70% do total absorvido.

· Durante o enchimento do grão, a absorção torna a ser mais baixa (20 a 30% do total absorvido).

No caso em estudo, a fertirrega azotada foi feita faseadamente, conforme o recomendado pela AMPROMIS anteriormente, até atingir as 300 unidades deste nutriente.



**Figura 30** - Maximização de absorção da fertilização azotada Fonte Francelli 1986

## 7.9 Hidrómetro

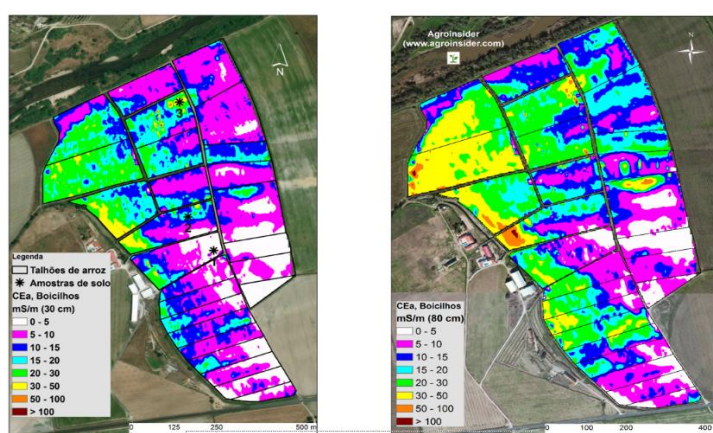
O hidrómetro ligado à rampa de rega, fornece a quantidade de água e fertilizante. A Lei-quadro da água obriga a que sejam enviados à APA (Agência Portuguesa do Ambiente) os registos da quantidade de água captada. O hidrómetro na Figura 31, presente em cada rampa, fornece esses valores.



**Figura 31**– Hidrómetro

## 7.10 Mapa de condutividade elétrica do solo

O mapeamento da condutividade elétrica (CE) do solo foi efetuado pelo agricultor e fornece pistas para os valores de produtividade consoante as áreas. Onde a CE é baixa a produtividade também o é. Por outro lado, valores altos de CE indiciam ganhos de produtividade. Isto observa-se na Figura 32, que no caso é meramente elucidativa do método, uma vez que não tivemos acesso aos mapas da área em estudo.



**Figura 32** – Mapas da condutividade elétrica do solo e comparação com a produtividade

Fonte: Palminha 2021

## 7.11 Índices NDVI e NDMI

Para usar os índices de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), que mede o estado de saúde das plantas, com base na forma como ela reflete a luz em determinadas frequências, e de NDMI (Índice de Humidade de Diferença Normalizada), que indica, de imediato, quais as áreas da cultura que possam estar em stress hídrico, serão utilizados os dados com conversão para reflectância das bandas de vermelho (B4) e infravermelho próximo (B8), para o NDVI e das bandas de infravermelho próximo (B8) e infravermelho de onda curta (B11), para o NDMI, fornecidos pelos satélites Sentinel2. Estes índices variam entre -1,0 e 1,0 e os dados obtidos devem ser trabalhados e conjugados com os valores da condutividade elétrica do solo, constituindo duas ferramentas importantíssimas em agricultura de precisão.

NDVI e NDMI são obtidos por:

$$-NDVI = \frac{B8 - B4}{B8 + B4};$$

$$-NDMI = \frac{B8 - B11}{B8 + B11}.$$

Para interpretar o parâmetro NDMI, temos os valores próximos de -1 com cores que variam entre branco e castanho-claro, indicam a existência de stress hídrico da cultura ou solo nu, enquanto os valores próximos de +1, que variam em tonalidades de verde-claro a mais escuro, Figura 33, indicam cultura em conforto hídrico, mas podendo também indicar, se esses valores estiverem em +1, a existência de alagamento, o que permite resolver o problema e preveni-lo no futuro.

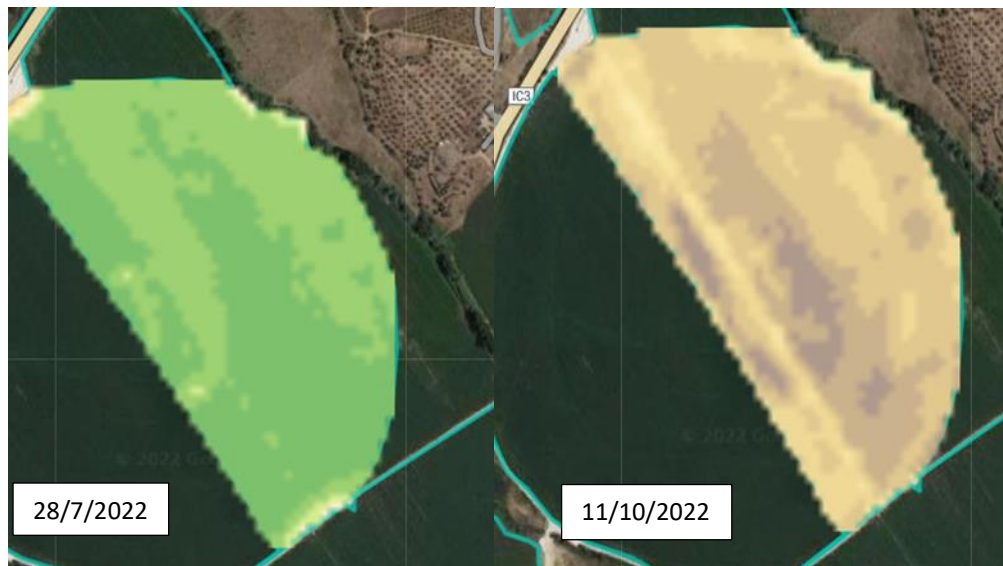
Portanto, cada valor intermédio deste índice, corresponderá a uma situação agronómica ligeiramente diferente conforme interpretação seguinte da *EOS DATA ANALYTICS – CROP MONITORING, 2021*:

- -1 – -0.8 *Solo descoberto ou grande stress hídrico,*
- -0.8 – -0.6 *Quase ausência de cobertura de copas,*
- -0.6 – -0.4 *Cobertura muito baixa de copas,*
- -0.4 – -0.2 *Cobertura de copas baixa e seca ou muito baixa e húmida,*
- -0.2 – 0.2 *Cobertura média-baixa e stress hídrico elevado ou cobertura baixa e baixo stress hídrico,*
- 0.2 – 0.4 *Cobertura de copas média-alta e stress hídrico elevado ou cobertura média e stress hídrico baixo,*
- 0.4 – 0.6 *Cobertura de copas alta, sem stress hídrico,*
- 0.6 – 0.8 *Cobertura de copas muito alta, sem stress hídrico,*
- 0.8 – 1 *Cobertura total de copas, sem stress hídrico/alagamento*

Ainda segundo a interpretação da *EOS DATA ANALYTICS – CROP MONITORING, 2021*,

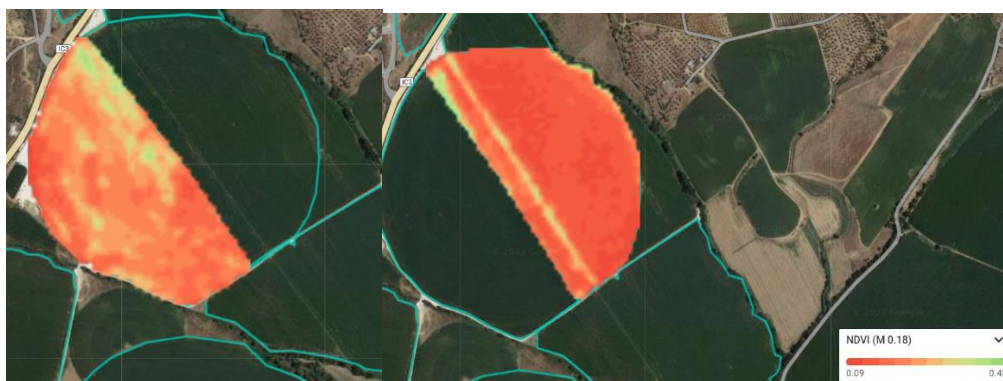
“É importante ter em mente que os valores do NDMI variam ao longo do ciclo cultural porque a reflectância das plantas é ligeiramente diferente para cada fase fenológica. Existe também uma correlação interessante entre o NDMI e o NDVI. O stress hídrico indicado

pelos valores de NDMI pode ser confirmado por um NDVI significativamente inferior à média.”.



**Figura 33** – Mapa de NDVI com cultura em plena floração e já em fase de pré colheita

Tivemos a preocupação de obter as fotos do NDVI, representantes das várias fases de desenvolvimento da cultura Figuras 34 a 38, e podemos verificar que nas fases iniciais correspondentes à germinação e início do desenvolvimento das plantas, mas também no lado direito da rampa, já numa fase de desenvolvimento rápido das plantas, surgem manchas mais claras onde os valores de NDVI indiciam baixo desenvolvimento cultural. No entanto, em todo o restante ciclo, o índice que andou sempre acima dos 0,88 demonstrava não existir qualquer evidência de stress hídrico na cultura, havendo pelo contrário um bom desenvolvimento da mesma em toda a área do pivot.



**Figura 34** - NDVI dia 07/06/2022



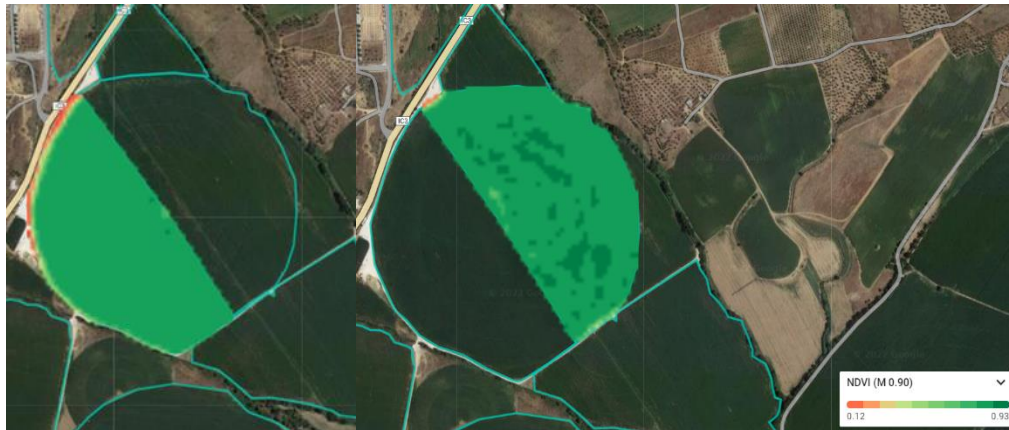
**Figura 35 - NDVI dia 5/7/2022**



**Figura 36 - NDVI dia 19/7/2022**



**Figura 37 - NDVI dia 11/8/2022**



**Figura 38 - NDVI dia 30/08/2022**

## 7.12 Evapotranspiração cultural

Depois de calculada a evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ), temos de obter os valores para a cultura da parcela em estudo, obtendo a evapotranspiração cultural ( $ET_c$ ) cujo cálculo é:

$$ET_c = K_c \times ET_0$$

Em que  $K_c$  é o coeficiente cultural, este terá valores inferiores ou superiores a 1 consoante as culturas em causa precisem de menos ou mais água do que relva.

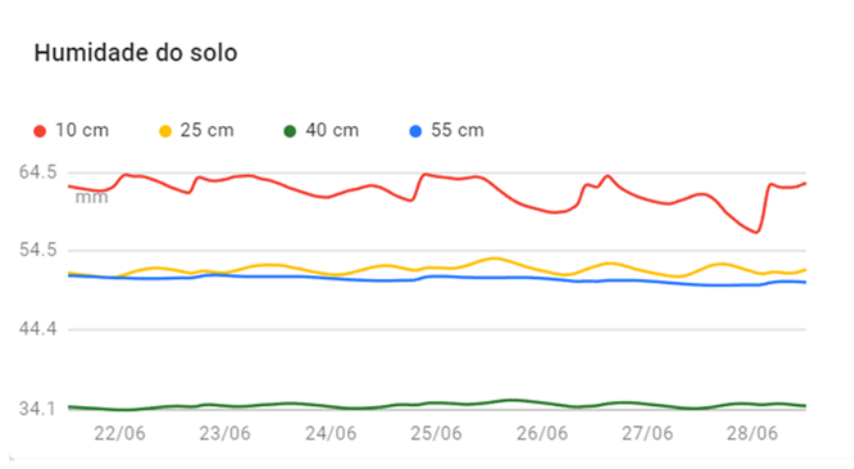
A evapotranspiração cultural ( $ET_c$ ) revela-nos quais as necessidades hídricas da cultura ao longo do seu ciclo vegetativo e fornece ao agricultor informação da dotação de rega a aplicar.

## 7.13 – Sondas capacitivas

As duas sondas capacitivas instaladas na área do pivot, ambas na cota mais elevada do mesmo, Figura 39, estão calibradas para características culturais de um terreno franco arenoso, quando a área em estudo tem textura argilosa. Fornecem dados do teor volumétrico de água no solo, a cada 10 a 15 cm de espessura do solo, Figura 40. Estas sondas podem ser instaladas para medições em contínuo com fiabilidade elevada das medições e informações fornecidas, caso sejam calibradas em condições e instaladas nos diferentes tipos de solo existentes na área regada pelo pivot, o que verificámos não acontecer.



**Figura 39** - Localização das sondas capacitivas



**Figura 40** – Frequências do teor volumétrico de água no solo

Através da comparação de valores do balanço hídrico resultante dos cálculos do ISAREG para 30 anos de dados climatológicos, e das leituras do consumo de água no ano de 2022 e dos gráficos das sondas em tempo real, desde a instalação da cultura, conseguimos aferir se o que se regou correspondeu ao que realmente era necessário.

## 7.14 Características culturais

No Quadro 9 mostram-se as características culturais usadas para as determinações realizadas. Salienta-se ainda a importância da aplicação do conceito de (DGP) Déficit de Gestão Permissível ou fração da reserva utilizável que a cultura pode extrair sem ocorrer stress hídrico, (James *et al*, 1982), na determinação da reserva facilmente utilizável no solo que se pretende, seja gerida ao longo do ciclo, sem prejuízo económico da cultura.

**Quadro 9** – Características culturais utilizadas na determinação das necessidades hídricas da cultura de milho grão com recurso ao programa ISAREG.

CULTURA	MESES	MAI	JUN	JUL	JUL	AGO	SET
MILHO	FASES	1 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>	3 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	5 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>
	DATA	21/mai	27/mai	07/jul	18/jul	03/ago	11/set
	Kc	0.55	0.85	1.10	1.20	1.15	0.90
	Z (m)	0.35	0.50	0.65	0.80	0.80	0.80
	DGP	0.65					
LEGENDA:	Fases -	1 <sup>a</sup>	- Fase Inicial (sementeira nas culturas anuais)				
		2 <sup>a</sup>	- Emergência(VE), início crescimento vegetativo(Vn)				
		3 <sup>a</sup>	- Início do pendoamento VT				
		4 <sup>a</sup>	- Início da floração (R1)				
		5 <sup>a</sup>	- Início da fase R6 maturação do grão				
		6 <sup>a</sup>	- Ultima rega/final				

## 7.15 Balanço hídrico

Na determinação do balanço hídrico, admitiram-se as seguintes condições:

- a não contribuição de ascensão capilar do solo em qualquer fase do ciclo cultural;
- o início do período de rega com a reserva facilmente utilizável do solo (RFU) totalmente preenchida (o que na prática corresponderá a partir-se do início da rega com 100% da reserva útil disponível ou, o que é o mesmo, contando-se com uma pré-rega primaveril).
- a inexistência de limitação no fornecimento de água em qualquer fase do ciclo cultural;
- a estimativa dos coeficientes culturais diários a partir dos valores típicos de Kc e duração das fases, tabelada em Allen *et al*, 1998.

Os resultados obtidos, via ISAREG, mostram as necessidades hídricas úteis da cultura, ou seja, os valores médios mensais para a série de 30 anos analisada. Estes valores referem-se às necessidades das plantas, dadas em mm (L/m<sup>2</sup> ou 10 m<sup>3</sup>/ha).

No quadro abaixo podem ser observados esses valores.

**Quadro 10** – Valores médios mensais e anuais (mm) das necessidades hídricas úteis da cultura para a série temporal avaliada (1989-2018).

MÊS	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	Σ
1989	0.0	51.0	223.5	309.8	261.4	82.4	928.1
1990	0.0	87.6	231.4	390.8	251.0	68.0	1028.8
1991	0.0	151.6	200.0	268.0	248.4	57.5	925.5
1992	0.0	75.8	125.5	266.7	235.3	49.7	752.9
1993	0.0	0.0	130.7	281.0	236.6	24.8	673.2
1994	0.0	0.0	188.2	210.5	219.6	66.7	685.0
1995	0.0	124.2	207.8	254.9	252.3	44.4	883.7
1996	0.0	32.7	264.1	316.3	222.2	60.1	895.4
1997	0.0	56.2	160.8	243.1	240.5	87.6	788.2
1998	0.0	30.1	143.8	264.1	268.0	54.9	760.8
1999	0.0	58.8	219.6	264.1	209.2	24.8	776.5
2000	0.0	0.0	167.3	258.8	251.0	78.4	755.6
2001	0.0	90.2	211.8	237.9	240.5	66.7	847.1
2002	0.0	100.7	203.9	257.5	247.1	60.1	869.3
2003	0.0	119.0	217.0	257.5	264.1	75.8	933.3
2004	0.0	132.0	241.8	283.7	207.8	62.7	928.1
2005	0.0	133.3	243.1	277.1	274.5	78.4	1006.5
2006	0.0	126.8	145.1	275.8	273.2	44.4	865.4
2007	0.0	91.5	145.1	258.8	236.6	66.7	798.7
2008	0.0	0.0	197.4	260.1	226.1	71.9	755.6
2009	0.0	105.9	151.6	248.4	249.7	75.8	831.4
2010	0.0	81.0	181.7	283.7	277.1	77.1	900.7
2011	0.0	138.6	210.5	240.5	226.1	62.7	878.4
2012	0.0	56.2	197.4	261.4	234.0	64.1	813.1
2013	0.0	111.1	196.1	270.6	273.2	60.1	911.1
2014	0.0	86.3	151.6	234.0	223.5	7.8	703.3
2015	0.0	137.3	222.2	254.9	240.5	70.6	925.5
2016	0.0	0.0	180.4	317.6	286.3	78.4	862.7
2017	0.0	124.2	245.8	285.0	265.4	83.7	1003.9
2018	0.0	52.3	138.6	228.8	283.7	94.1	797.4
<b>X</b>	<b>0.0</b>	<b>78.5</b>	<b>191.5</b>	<b>268.7</b>	<b>247.5</b>	<b>63.4</b>	<b>849.5</b>

Da informação do Quadro 10, retira-se que a simulação das necessidades hídricas úteis, em ano médio para a cultura, será de 850 mm, ou seja, 8 500 m<sup>3</sup>/ha/ano e, sabendo que a área da cultura são 38,25 ha, serão necessários num ano médio cerca de 325 125m<sup>3</sup>.

É preciso interpretar-se este valor na ótica da rega no milho grão, pois esta tem aí uma dupla funcionalidade, variando ao longo do ciclo conforme o estado do tempo;

- rega de humedecimento para satisfazer o metabolismo vegetal e;
- rega qualitativa para, através dela, se atingir o grau de qualidade no enchimento da maçaroca .

O programa forneceu também a distribuição estatística dos valores das necessidades hídricas úteis da cultura para o mês de ponta, (Hr/d) e para o ano (Hr/ano), permitindo-nos assim conhecer os valores de tendência central e não central da série.

No Quadro 11, mostra-se a distribuição de frequências, onde podem ser lidos os valores por percentil, relativos a ano húmido (P<sub>20</sub>), a ano médio (P<sub>50</sub>) e a ano seco (P<sub>80</sub>) para a cultura nas condições climáticas. Este tipo de informação serve para sensibilizar o agricultor sobre a importância de se regar corretamente utilizando-se as dotações necessárias. A complementaridade com a monitorização da água no solo permitirá ajustar os volumes a fornecer aos momentos mais oportunos, desde que, claro está, as sondas se encontrem devidamente calibradas para o local em causa.

**Quadro 11** – Distribuição das dotações úteis no mês de ponta e das dotações úteis anuais para o milho grão, na série temporal avaliada (1989-2018).

Freq. (%)	HR/d (mm/d)	HR/Ano (mm/Ano)	
3.2	6.47	606	
6.5	7.06	616	
9.7	7.18	633	
12.9	7.29	678	
16.1	7.41	680	
<b>19.4</b>	<b>7.53</b>	<b>680</b>	
22.6	7.65	685	
25.8	7.65	699	
29.0	7.76	709	
32.3	7.76	718	
35.5	7.76	719	
38.7	7.88	732	
41.9	7.88	748	
45.2	7.88	762	
48.4	7.88	776	
51.6	7.88	779	
54.8	8.00	782	
58.1	8.12	791	
61.3	8.12	795	
64.5	8.24	806	
67.7	8.35	811	
71.0	8.35	820	
74.2	8.59	833	
77.4	8.59	833	
<b>80.6</b>	<b>8.59</b>	<b>835</b>	Legenda:
83.9	8.59	835	Ano muito seco
87.1	9.29	840	Ano seco
90.3	9.53	904	Ano médio
93.5	9.53	906	Ano húmido
96.8	11.65	926	Ano muito húmido

Conclui-se então que, para a série temporal estudada, a dotação útil média diária de ponta correspondente ao percentil 50, ano médio, foi de 7,88 mm, ou seja 78,8 m<sup>3</sup>/ha.

A eficiência global do sistema dependerá das tecnologias de rega empregues, das características dos sistemas hidráulicos e da sua organização e gestão.

De acordo com Oliveira, 2003, na área estudada a eficiência global de rega (eficiência de projeto) traduzir-se-á pela seguinte expressão:

$$E_p = e_a \times e_d \times e_c$$

sendo,

-  $e_a$  – eficiência de aplicação,

$$e_a = \frac{V_m}{V_f}$$

que estabelece a relação entre o volume necessário para satisfazer as necessidades de rega ( $V_m$ ) e o volume fornecido pelo emissor ( $V_f$ );

-  $e_d$  – eficiência de distribuição,

$$e_d = \frac{V_f}{V_d}$$

que relaciona o volume fornecido pelo emissor e os volumes admitidos no início da rede de distribuição ( $V_d$ );

-  $e_c$  – eficiência de transporte ou de condução.

Considerando o tipo de cultura em estudo, o tipo de infraestruturas de rega e do facto da cultura ir beneficiar de rega por aspersão, adotaram-se as eficiências apresentadas no Quadro 12.

**Quadro 12** – Eficiências consideradas dados ISAREG Fonte: Professora Helena Alegre

TIPO DE EFICIÊNCIA	(%)
<i>Eficiência de distribuição</i> (rede primária)	90
<i>Eficiência de aplicação</i> (Aspersão Semovente)	85

A partir das eficiências de aplicação e de distribuição, calcularam-se as dotações do projeto (de rega), desde a planta até à origem do sistema.

As necessidades brutas de água para rega correspondem, assim, aos quantitativos que será necessário garantir, de forma a regar a área da cultura em causa. Na prática, estes valores correspondem aos volumes de água a disponibilizar na entrada do sistema de distribuição, neste caso, junto à charca.

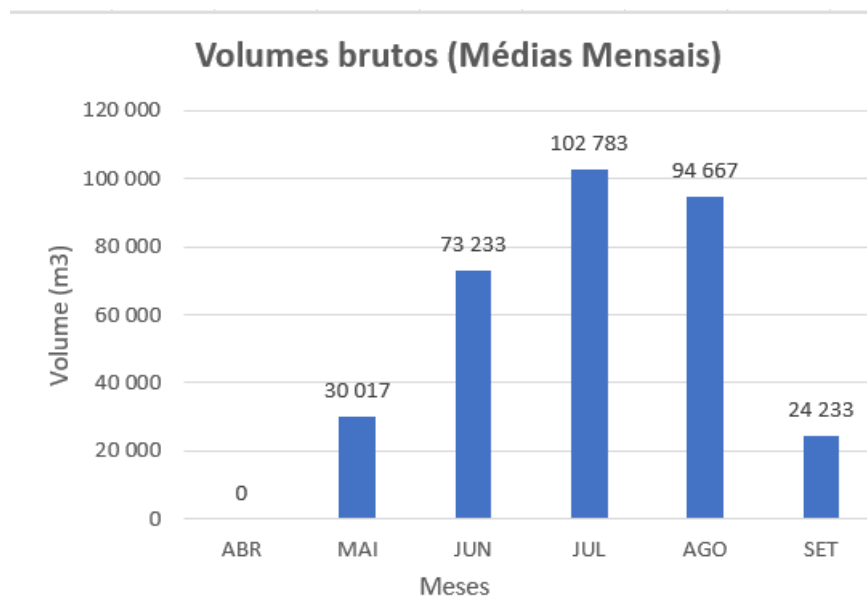
No Quadro 13 seguinte, apresenta-se a dotação bruta média anual, em ano húmido ( $P_{20}$ ), ano médio ( $P_{50}$ ) e ano seco ( $P_{80}$ ) para a cultura do milho grão no local de estudo considerando uma eficiência de aplicação global da água de rega de 85%.

**Quadro 13 – Dotações brutas anuais a considerar na cultura.**

Freq. (%)	Vol./d (m <sup>3</sup> /d)	HR/Ano (m <sup>3</sup> /Ano)	
3.2	2 750	257 500	
6.5	3 000	262 000	
9.7	3 050	269 000	
12.9	3 100	288 000	
16.1	3 150	289 000	
<b>19.4</b>	<b>3 200</b>	<b>289 000</b>	<b>P<sub>(20)</sub></b>
22.6	3 250	291 000	
25.8	3 250	297 000	
29	3 300	301 500	
32.3	3 300	305 000	
35.5	3 300	305 500	
38.7	3 350	311 000	
41.9	3 350	318 000	
45.2	3 350	324 000	
<b>48.4</b>	<b>3 350</b>	<b>330 000</b>	
<b>51.6</b>	<b>3 350</b>	<b>331 000</b>	<b>P<sub>(50)</sub></b>
54.8	3 400	332 500	
58.1	3 450	336 000	
61.3	3 450	338 000	
64.5	3 500	342 500	
67.7	3 550	344 500	
71	3 550	348 500	
74.2	3 650	354 000	
77.4	3 650	354 000	
<b>80.6</b>	<b>3 650</b>	<b>355 000</b>	<b>P<sub>(80)</sub></b>
83.9	3 650	355 000	
87.1	3 950	357 000	
90.3	4 050	384 000	
93.5	4 050	385 000	
96.8	4 950	393 500	

Como se poderá constatar, em ano mediano correspondente ao percentil 50 ( $P_{50}$ ), é de considerar cerca de 330.000m<sup>3</sup>/ano, o que corresponderá a um caudal específico de 1,02 L/s/ha.

Logicamente, para a totalidade da área em exploração, (38,25 ha) resulta nos valores de necessidades brutas, (médias mensais) apresentados na Figura 41 e Quadro 13.



**Figura 41** – Distribuição mensal dos volumes brutos médios mensais associados à cultura (1989-2018)

Com base na informação retirada dos cálculos evidenciados anteriormente e na encontrada para as necessidades hídricas da cultura de milho grão, procedeu-se ao cálculo dos parâmetros de rega a aplicar. A determinação do caudal teórico a debitar pelo aspersor em determinada instalação recorre à seguinte expressão:

$$q = H_r / (X \cdot n_{un} \cdot D)$$

Na qual:

q – Caudal do aspersor (l/h);

H<sub>r</sub> – Dotação real (l/ha);

X – Quantidade de plantas/ha (un.);

n<sub>un.</sub> – Quantidade de aspersores (un.);

D – Intervalo máximo de tempo entre regas (h).

Toda esta informação tratada através do ISAREG, permitiu chegar aos parâmetros de rega apresentados no Quadro 14 e à Carta de Rega apresentada em Anexos.

**Quadro14 - Parâmetros de rega para a rampa polar em avaliação**

PARÂMETROS DE REGA				
1 - DADOS				
Cultura	Milho	grao		
Área	A -	38.19	ha	
Tempo de operação diária	Td -	18	h	
Dotação útil	hu -	6.7	mm	
Dose útil de rega	D <sub>ur</sub> -	6.7	mm	
Eficiência de rega	Ef -	76	%	
Evapotranspiração cultural diária	ETc -	6.7	mm/d	
2 - PARÂMETROS DE REGA				
Dotação real de rega	Hr -	8.8	mm	$Hr = hu/Ef$
Intervalo máximo de tempo entre regas	D -	d	h	$D = hu/Etc$
		1.0	18.0	
Caudal total	Q -	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s	$Q = (AxHrx10)/(DxT)$
		187.0	0.0520	
Caudal específico de ponta	Q <sub>e</sub> -	m <sup>3</sup> /h/ha	l/s/ha	$Q_e = Q/A$
		4.9	1.36	
Intensidade de precipitação	i <sub>m</sub> -	8.82	mm/h	$i_m = ((QxTd)/A)/10$
Tempo útil de rega	t -	1.0	h	$t = Hr/i_m$
3 - CONSUMO DE ÁGUA				
Volume consumido	V -	3366.8	m <sup>3</sup>	$V = AxHrx10$
Tempo total de rega	T -	18.0	h	$T = V/Q$

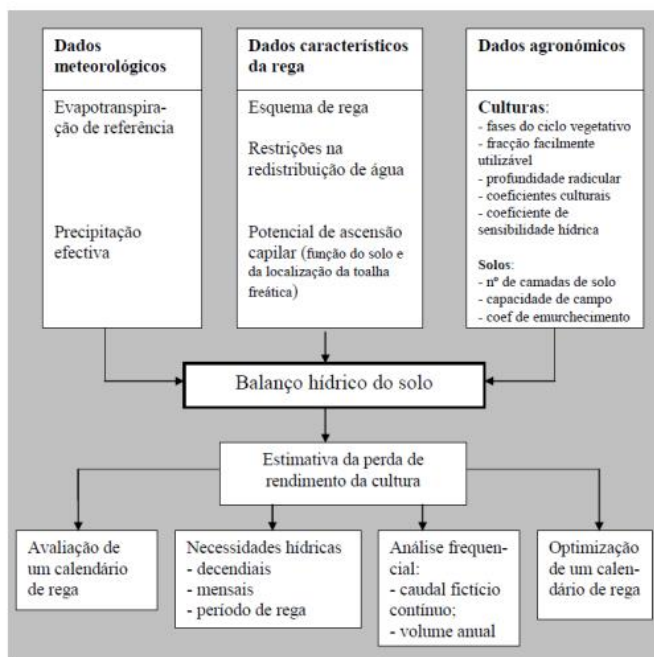
A leitura deste Quadro permite constatar que para uma correta dotação de rega os parâmetros serão os seguintes:

- o tempo diário necessário para regar na altura de ponta (T) – 18 h;
- a intensidade de precipitação média (i<sub>m</sub>) – 8,82 mm/h;
- o tempo útil de rega (t) – 1,0 h;
- o caudal específico de ponta (Q<sub>e</sub>) – 1,36 L/s/ha;
- o caudal total (Q) – 187,0 m<sup>3</sup>/h;
- a área de rega –38,25 ha;

## 8 – ANÁLISE E TRATAMENTO DOS DADOS

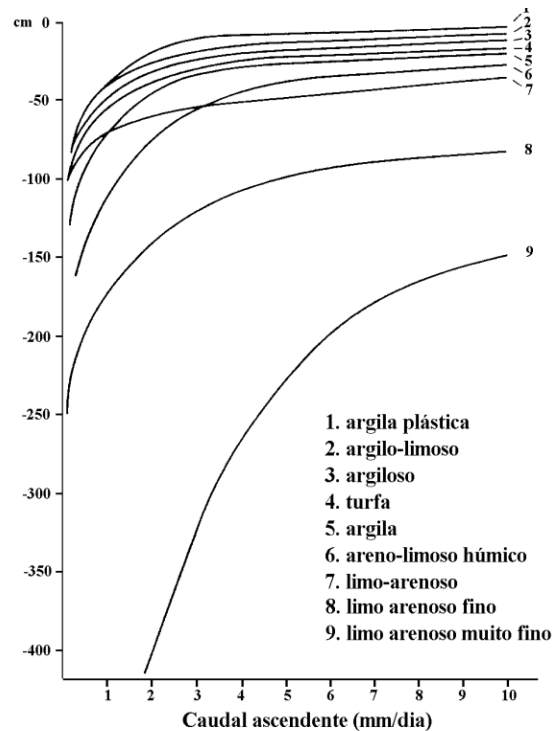
Como forma de melhorar o cenário atual, o propósito desta investigação foi o de aplicar vários conhecimentos adquiridos durante o curso, com especial ênfase nas unidades curriculares de Técnicas de Rega, Hidráulica e Agricultura de Precisão e ao mesmo tempo desenvolver um conjunto de competências relacionadas com o conhecimento adquirido no domínio de ferramentas como o *ARCGIS*, *ISAREG*, *IRRIWATCH*. De destacar a quantidade de informação extraída da análise de dados feita pelo programa de cálculo automático, *ISAREG*, Figura 42, facilitou muito os cálculos do balanço hídrico, e o cálculo das necessidades de água a fornecer à cultura. Este programa foi uma ferramenta extremamente útil, pois o cálculo obriga à utilização de dados climáticos de (30 anos), da textura e características do solo e características culturais da cultura a instalar.

Os dados usados, tiveram como objetivo principal, após o tratamento pelo uso do programa *ISAREG*, calcular o balanço hídrico do solo para o ano em curso, o calendário de rega, a carta de rega e as necessidades hídricas da cultura. Foram organizados em ficheiros meteorológicos, evapotranspiração de referência e precipitação, em ficheiros agronómicos, informações culturais, (fases do ciclo vegetativo, profundidade das raízes, coeficientes culturais, necessidades de água), também dados sobre o solo, nomeadamente as camadas de solo, os valores de (CC) e (CE) e em ficheiros com características da rega, pretendeu-se estimar as necessidades de rega anuais e o caudal de ponta.



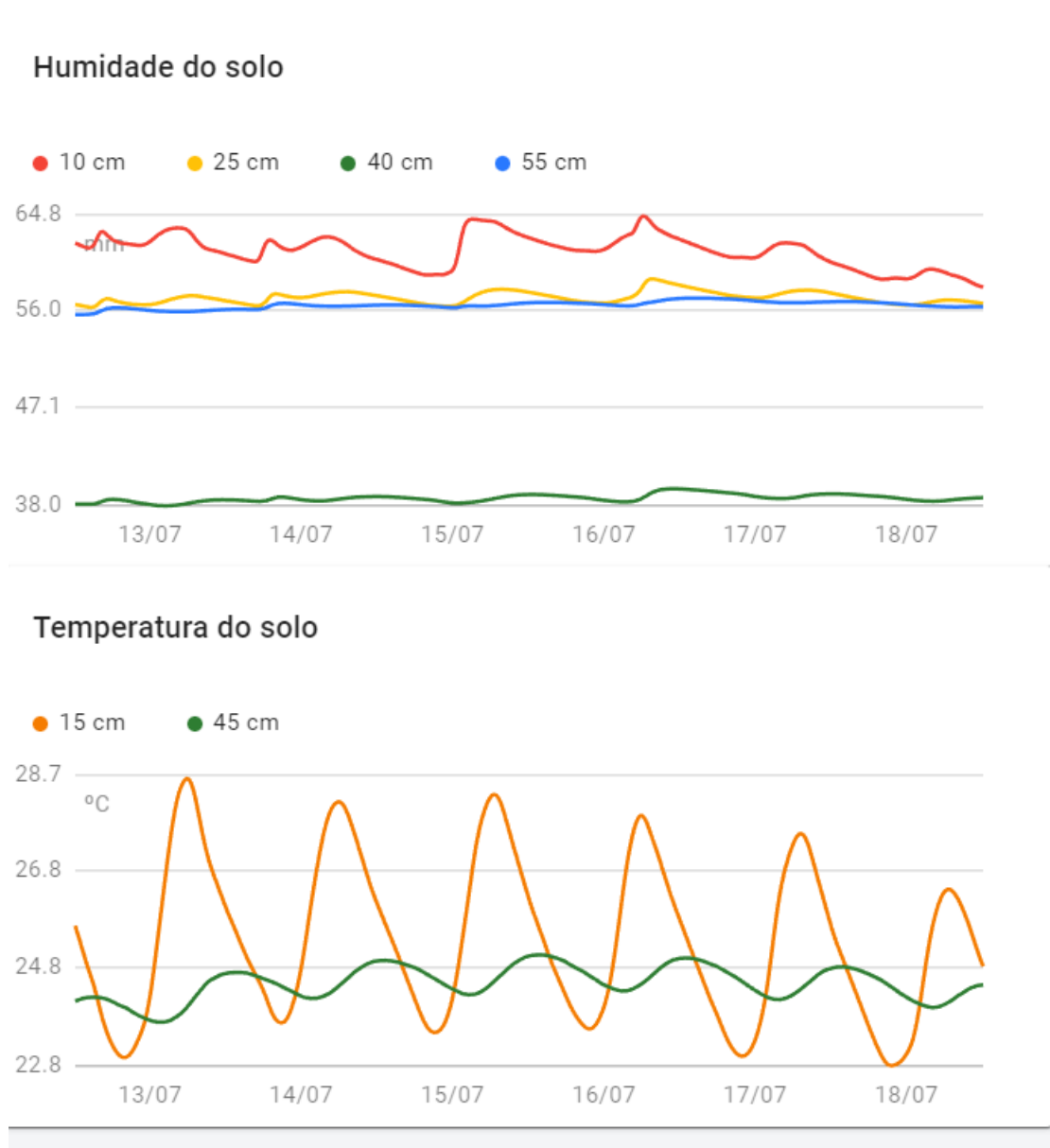
**Figura 42** - Esquema básico do programa ISAREG





**Figura 44** – Potencial de ascensão capilar em função do tipo de solo e da profundidade do lençol freático (Doorenbos & Pruitt, 1977).

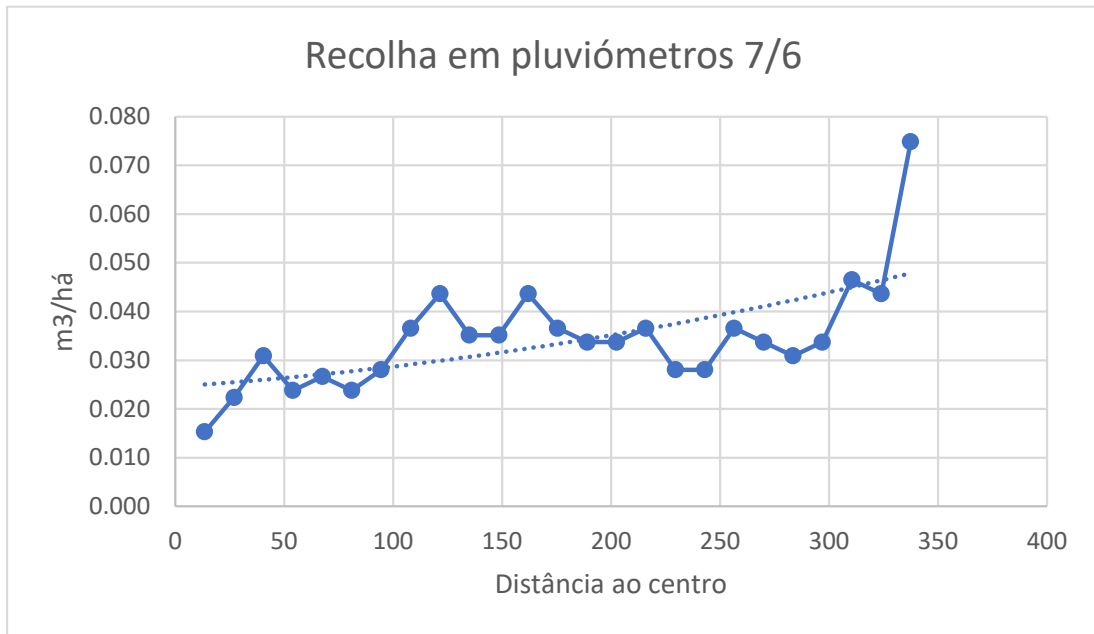
A corroborar esta afirmação verificámos que, provavelmente por existir um calo de lavoura à profundidade de 55 centímetros, os valores registados pelas sondas, Figura 45, mostram que, às profundidades de 10, 15 e 55 centímetros, a quantidade de água no solo está muitas vezes acima da (CC) que, para a classe textural em causa, é de cerca de 48%, conforme Quadro 8 da página 39. O lençol de água mantém-se à profundidade de 55cm sem grandes alterações, mesmo quando a temperatura de solo é bastante elevada. Esta situação permitiria, a nosso ver, o conforto hídrico da cultura, caso não se regasse todos os dias uma vez que o (DGP) déficit de gestão previsível, valor abaixo do qual a planta entra em stress hídrico, é de 40,56 mm e a água depositada aos 55 cm, profundidade facilmente atingida pelo raizame, tinha valores de 56mm.



**Figura 45 – Valores registados pela sonda**

Para além desta constatação, verificámos também através das leituras que fizemos em campo, que não existe uniformidade na distribuição da água de rega ao longo da rampa Figura 46. O que se pretende é que a distribuição seja apresentada por uma curva ascendente sem picos que provoquem a aplicação de mais água nuns locais do que noutros. Pode ainda observar-se a disparidade existente no aspersor do lança suspenso, com a agravante de o canhão projetar água em quantidade muito superior à necessária. A consequência para a falta de uniformidade ao longo da rampa deve-se, provavelmente, à falta de manutenção dos reguladores de pressão instalados em cada aspersor, Figura 47. Como o equipamento tem sete anos de uso, provavelmente estes reguladores encontram-se pasmados, não cumprindo a sua função, ou seja, converter uma pressão de entrada

variável numa pressão de saída fixa, não importando quais as alterações de pressão do sistema provocadas pelas condições hidráulicas, desníveis, técnicas de bombagem, assegurando a quantidade de água necessária por cada emissor, permitindo uma alta precisão e uniformidade de rega.



**Figura 46** – Falta de uniformidade e linha de tendência de distribuição na Rampa



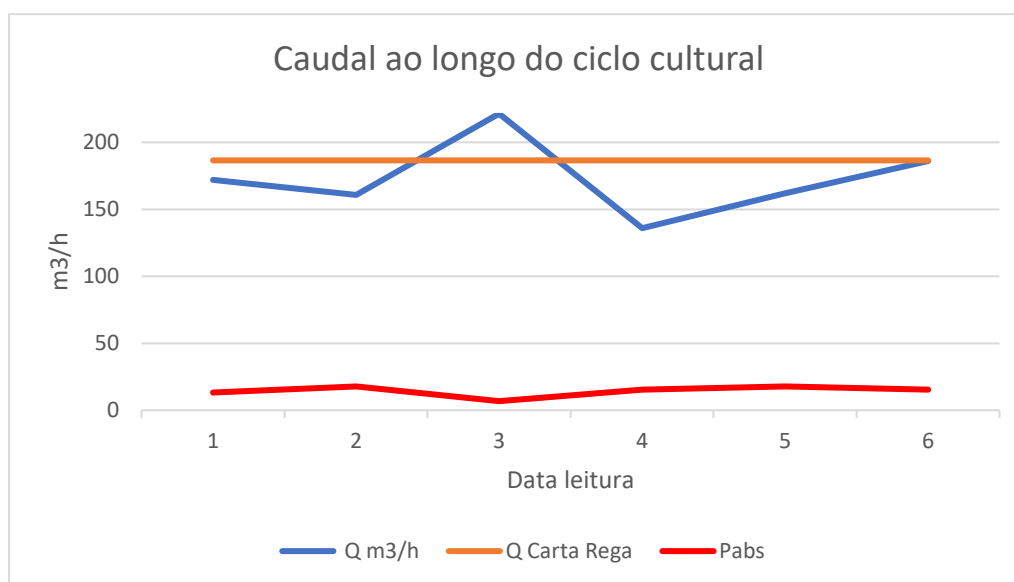
**Figura 47** – Regulador de pressão

Se o agricultor substituir os reguladores de pressão ao longo da rampa, gastará cerca de 1 400,00€ (120\*9,20€), mas obterá ganhos na conta de cultura e até na produtividade pela uniformidade de rega que os mesmos irão permitir.

Esta situação provoca também uma variação de caudal, que está relacionada com o nível de água na charca, como se pode observar no Quadro15 e Figura 48. Resulta também numa numa variação nos valores da potência absorvida (Pabs), que varia inversamente às subidas ou descidas de caudal e na consequente “oscilação” dos gastos com energia.

**Quadro 15 – Variação de caudal e gasto energético**

DATA	V inicial	V final	$\Delta t$ segundos	Q m3/h	Pabs	KW	Encargo €/h/há	Encargo total €	Q Carta Rega
07/jun	964829	964837.6	180	172	13.21	237.7	15.49	10649.23	186.7
05/jul	15612	15670.3	1305	161	17.8	5.1	0.33	228.49	186.7
19/jul	55044	55092	780	222	6.9	124.1	8.09	5559.82	186.7
11/ago	109763	109797	900	136	15.45	4.3	0.28	192.64	186.7
18/ago	124851	124905	1200	162	17.9	5.2	0.34	232.97	186.7
30/ago	150535	150597	1200	186	15.45	278.1	18.12	12459.20	186.7



**Figura 48 – Variação de caudal ao longo do ciclo cultural**

Reforçando o que anteriormente foi descrito, na Figura 49 podemos observar o histórico de dotações na rega e a consequente extração/infiltração da água, desde o dia de sementeira 21 de maio até ao dia de maturação fisiológica do grão. De realçar que o tracejado azul-claro representa o limite da (CC) que foi excedido em muitos dias, provocando encharcamento desnecessário, comprovado pelas imagens de satélite que mostram os índices (NDVI) e (NDMI), Figuras 50 e 51, decorrendo esta situação em período de calor intenso e altas temperaturas no solo.



Figura 49 – Histórico das dotações de rega durante todo o ciclo cultural



Figura 50 – Índice de NDVI mostra áreas com maior vigor vegetativo em 07/08



**Figura 51** – Índice NDMI mostra áreas com saturação de água no solo em 28/7

Foi pena não termos tido acesso aos registos dos voos de drone, que iriam complementar os dados captados por satélite e também não termos conseguido obter os parâmetros de condutividade hidráulica saturada e das curvas PF que, conjugados com os valores da taxa de infiltração, nos dariam informações importantes sobre o comportamento da água no solo, na área em estudo.

Detetámos, conforme já referido, uma acumulação de água à profundidade de 55 cm que permitiria uma redução das regas, uma vez que as raízes do milho atingem 60 ou mais centímetros e que o encharcamento radicular, tal como o calo de lavoura, poderão ter prejudicado a produtividade da cultura.

Entretanto, as recolhas feitas em campo permitiram avaliar as discrepâncias existentes entre a curva da carta de rega e as curvas das precipitações recolhidas, Figura 52 e Quadro 16.

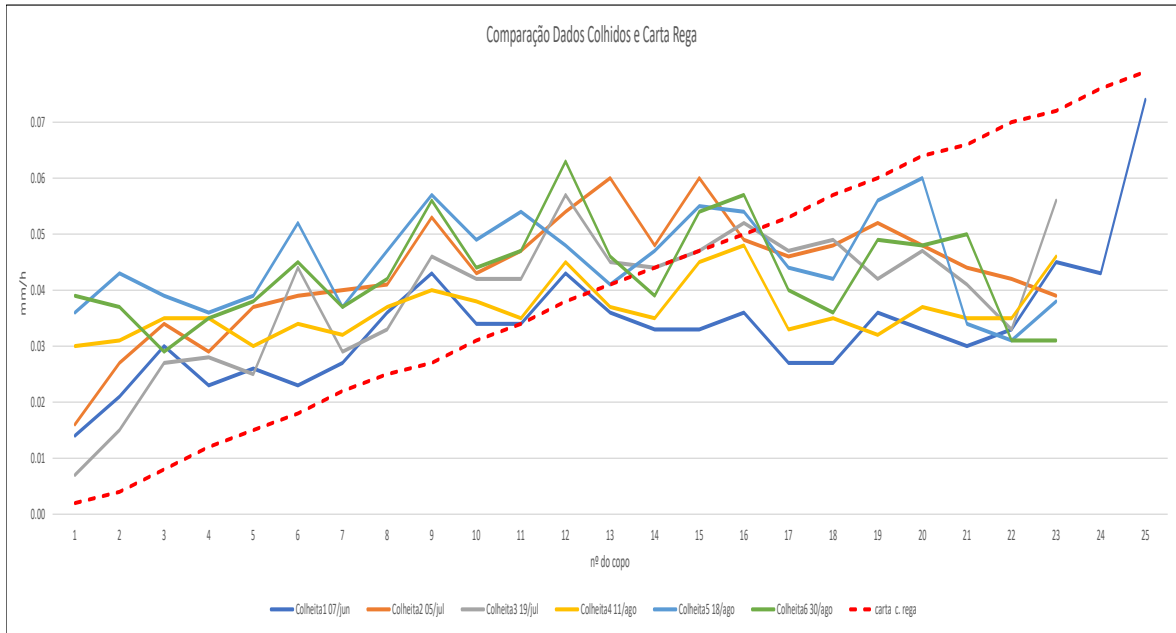


Figura 52 – Curvas da precipitação recolhida comparadas com curva da carta de rega

Quadro 16 – Dados de precipitação por copo de recolha

#	Data \ copos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Colheita1	07/jun	0.02	0.022	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05	0.04	0.08
Colheita2	05/jul	0.017	0.028	0.035	0.03	0.038	0.04	0.041	0.042	0.054	0.044	0.048	0.055	0.061	0.049	0.061	0.05	0.047	0.049	0.053	0.049	0.045	0.043	0.04			
Colheita3	19/jul	0.008	0.016	0.028	0.029	0.026	0.045	0.03	0.034	0.047	0.043	0.043	0.058	0.046	0.045	0.048	0.053	0.048	0.05	0.043	0.048	0.042	0.034	0.057			
Colheita4	11/ago	0.031	0.032	0.036	0.036	0.031	0.035	0.033	0.038	0.041	0.039	0.036	0.046	0.038	0.036	0.046	0.049	0.034	0.036	0.033	0.038	0.036	0.036	0.047			
Colheita5	18/ago	0.037	0.044	0.04	0.037	0.04	0.053	0.038	0.048	0.058	0.05	0.055	0.049	0.042	0.048	0.056	0.055	0.045	0.043	0.057	0.061	0.035	0.032	0.039			
Colheita6	30/ago	0.04	0.038	0.03	0.036	0.039	0.046	0.038	0.043	0.057	0.045	0.048	0.064	0.047	0.04	0.055	0.058	0.041	0.037	0.05	0.049	0.051	0.032	0.032			
carta	c. rega	0.003	0.005	0.009	0.013	0.016	0.019	0.023	0.026	0.028	0.032	0.035	0.039	0.042	0.045	0.048	0.051	0.054	0.058	0.061	0.065	0.067	0.071	0.073	0.077	0.08	
ε		0.15	0.18	0.2	0.192	0.201	0.243	0.208	0.242	0.301	0.256	0.265	0.316	0.271	0.252	0.3	0.302	0.243	0.243	0.273	0.279	0.24	0.211	0.261			
Distância em m centro pivot		13.5	27	40.5	54	67.5	81	94.5	108	121.5	135	148.5	162	175.5	189	202.5	216	229.5	243	256.5	270	283.5	297	310.5	324	337.5	
		1ª torre 49.12m			2ª torre 54.86m			3ª torre 54.86m			4ª torre 54.86m			5ª torre 49.12m			6ª torre 49.12m			Lanço suspenso							
Média		0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04			
Desv. Pa.		0.013	0.010	0.004	0.005	0.006	0.010	0.005	0.005	0.007	0.005	0.008	0.008	0.009	0.006	0.010	0.007	0.008	0.008	0.009	0.010	0.007	0.004	0.009			

## 9 – CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como principal objetivo elaborar um modelo de calibração de uma rampa de rega de revolução total, para ser usado numa perspetiva de dotar o agricultor de meios que lhe permitam usar a água de forma cada vez mais eficiente e, simultaneamente, baixar a conta de cultura, passando por todas as etapas que compõem o projeto, com as inerentes dificuldades de concretização.

Todos os dados recolhidos tiveram como propósito obter uma função de correlação entre a água fornecida na rega e aquela que a cultura realmente necessitaria, sem que a produtividade ficasse afetada, de modo a promover uma gestão mais eficiente da rega e a demonstrar ao agricultor o quanto poderia poupar na conta de cultura, caso adotasse outra estratégia.

Nos últimos 20 anos a precipitação em Portugal e Espanha diminuiu cerca de 15%, prevendo-se que diminua entre 10 a 25% até ao final do século. Nos últimos 20 anos a disponibilidade de água reduziu-se cerca de 20%. São atualmente captados em Portugal cerca 6000 hm<sup>3</sup> /ano, excluindo os volumes utilizados nos aproveitamentos hidroelétricos. A agricultura é responsável pelo consumo de 70% deste volume, seguindo-se o abastecimento à população (13%), a termoelectricidade (9%) e a indústria (6%). É necessário aprofundar o conhecimento sobre dotações efetivas de rega para as várias culturas, eficiências no uso de água para rega (desde a captação até ao pé da planta), disponibilidades de água, usos de água e retornos. (APA,07/12/2021).

Considerando o exposto permitimo-nos elaborar quadros que pudessem evidenciar o que estaria menos bem. Assim temos nos Quadros 17 e 18, respetivamente, o cálculo dos Kc's culturais para as datas em que fizemos as colheitas de precipitação da rampa e o cálculo médio diário para os meses do ciclo cultural.

Quadro 17 – Cálculo Kc's

<i>CÁLCULOS KC's Milho FAO500 ciclo 153dias</i>		
Kcsem.21/5	0.40	
Kc em 07/6	0.65	Fase desenv. 20 dias
Kc em 05/07	0.99	fase crescimento rápido 35 dias
Kc em 19/7	1.1	Fase intermédia 40dias
Kc em 11/8	1.1	Fase intermédia 40dias
Kc em 18/8	1.1	Fase intermédia 40 dias
Kc em 30/8	0.99	Fase final 58 dias

**Quadro 18 – Cálculo da Et0 média mensal em 2022**

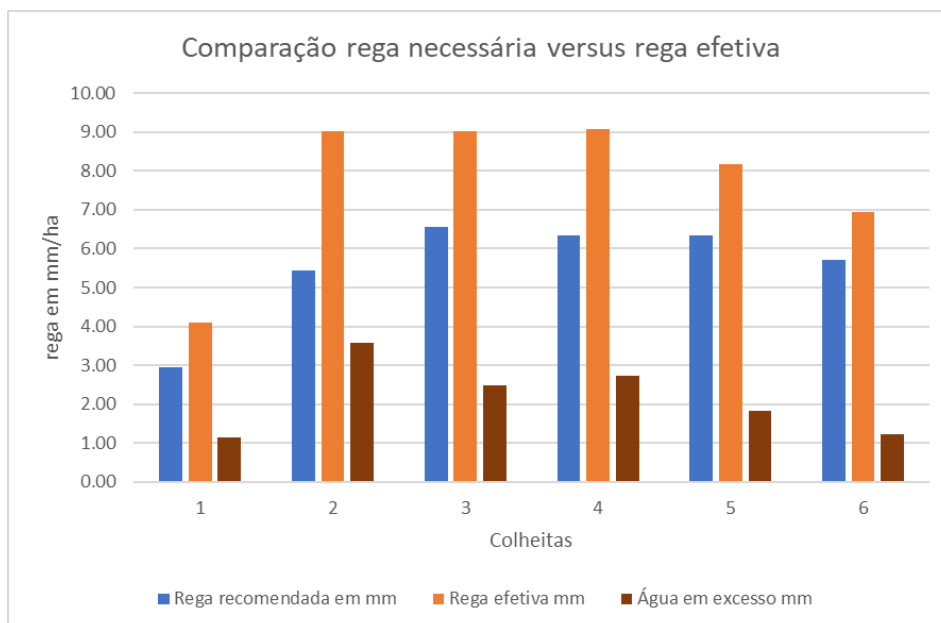
Et0 média mensal	
Maio	4.57
Junho	5.50
Julho	5.96
Agosto	5.76
Setembro	4.32
Outubro	2.77

Estes dados da (Et0) relativos ao ano de 2022, foram recolhidos pela Estação Meteorológica (EM) da Fonte Boa cujas coordenadas são 39°12'N, 8°44'O e altitude 73m e utilizados por nós para elaborar um quadro onde calculámos a (Etc )real. Desta forma pudemos projetar os valores aconselhados para a dotação de rega comparando-os com os valores indicativos das sondas que realmente foram aplicados à cultura. Detetámos que existiram diferenças significativas entre a água de que a cultura necessitava para estar em conforto hídrico, e a quantidade que efetivamente recebeu, Quadro 19 e Figura 53, sendo esse excesso, segundo o que conseguimos projetar de 2 705m<sup>3</sup>/ha, o que para a área em estudo representará um total de 103 460m<sup>3</sup> para os 38,25ha da cultura.

**Quadro 19 – Dados comparativos entre rega necessária e efetiva**

Colheitas	Fase cult	Kc's culturais	Et0 real	Etc real	Kcsonda	ET0sonda	Etcsonda	Rega recomendada em mm	Rega efetiva mm	Água em excesso mm	Excesso em m3/ha/ dias fase cultural
07/jun	21/5a11/6	0.65	4.57	2.95	0.55	7.48	4.11	2.95	4.11	1.16	197
05/jul	11/6 a16/7	0.99	5.50	5.44	1.07	8.42	9.01	5.44	9.01	3.57	999
19/jul	16/7 a 25/8	1.10	5.96	6.56	1.1	8.21	9.03	6.56	9.03	2.47	321
11/ago	16/7 a 25/8	1.10	5.76	6.33	1.2	7.56	9.07	6.33	9.07	2.74	630
18/ago	16/7 a 25/8	1.10	5.76	6.34	0.96	8.51	8.17	6.34	8.17	1.83	348
30/ago	5/8 a 22/10	0.99	5.76	5.70	0.92	7.53	6.93	5.70	6.93	1.23	209
TOTAIS								33.32	46.32	13.00	2705

Como referido anteriormente, porque não conseguimos acesso aos dados de voo do drone, nem obter resultados das curvas de tensão de humidade (PF) e de condutividade hidráulica saturada (KSAT), importantes para reforçar os nossos resultados, devemos considerar que a estimativa obtida, aponta para um excesso de rega efetuado no decurso do ciclo cultural.



**Figura 53** – Gráfico comparativo rega necessária/efetiva e desvios

Considerando que este excesso de água estimado necessitou de energia para a sua captação e distribuição. Essa energia teve um custo extra para a conta da cultura, como podemos observar no Quadro 20, e considerando o valor de tarifa energética facultado pelo agricultor representa um custo acrescido de € 2 405,96.

**Quadro 20** – Quantificação do custo energético para o volume de água em excesso

<b>CONSUMO DE ENERGIA</b>				
<b>1 -DADOS</b>				
	Fluido -	Água		
Peso específico	$\gamma$ -	9.8	kN/m <sup>3</sup>	
Volume	V -	103 460	m <sup>3</sup>	
Carga total	H -	28.4	m	
Rendimento	$\eta$ -	0.78		
Tarifa	C -	0.0652	(€/kWh)	
<b>2 -RESULTADOS</b>				
Consumo Energético	E -	36 916.54	kW	$E = (\gamma V H)/\eta$
	E' -	0.36	kW/m <sup>3</sup>	$E' = E/V$
Encargo Energético	$\Sigma E$ -	2 405.96	€	$\Sigma E = E C$
	C' -	0.023	€/m <sup>3</sup>	$C' = \Sigma E/V$

Por outro lado Lei da Água (Lei 58/2005), estabelece que por força da obtenção do título de utilização e do respetivo exercício, é devida uma Taxa de Recursos Hídricos (TRH) pelo impacte negativo da atividade autorizada nos recursos hídricos.

A cobrança dessa taxa está prevista no regime económico e financeiro dos recursos hídricos, que constitui um instrumento da maior importância na concretização dos princípios que estão na génese da Lei da Água, e nos quais assenta a gestão dos recursos hídricos nacionais, à qual acresce a taxa do coeficiente de escassez. (APA, 2008).

“Artigo 7.º Componente A — utilização de águas do domínio público hídrico do Estado

1 — A componente A corresponde à utilização privativa de águas do domínio público hídrico do Estado, calculando-se pela aplicação de um valor de base ao volume de água captado, desviado ou utilizado, nomeadamente, na produção de energia hidroelétrica ou termoelétrica, expresso em metro cúbico, multiplicado pelo coeficiente de escassez aplicável quando não se trate de águas marinhas.

2 — O valor de base da componente A é de € 0,003 para a agricultura, piscicultura, aquacultura, marinhas e culturas biogénicas, de € 0,00002 para a produção de energia hidroelétrica, de € 0,0027 para a produção de energia termoelétrica, de € 0,013 para os sistemas de água de abastecimento público e de € 0,015 para os demais casos.

3 — Os coeficientes de escassez são os seguintes:

- a) 1, nas bacias hidrográficas do Minho, Lima, Cávado, Ave, Leça e Douro;
- b) 1,1, nas bacias hidrográficas do Vouga, Mondego, Lis, ribeiras do oeste e Tejo;
- c) 1,2, nas bacias hidrográficas do Sado, Mira, Guadiana e Ribeiras do Algarve.” (D.L. 97/2008).

Baseados nestes pressupostos foi elaborado o Quadro 21 onde se apresenta o valor correspondente aos 103 460m<sup>3</sup> de rega em excesso.

**Quadro 21 – Custo de rega em excesso**

CUSTO DA ÁGUA EM EXCESSO		
TRH	310.38	€
Coef. Escassez	341.42	€
<b>TOTAL</b>	<b>651.80</b>	<b>€</b>

Resumindo, estimámos que o agricultor poderia ter poupado no mínimo, porque não estamos a quantificar os nutrientes que foram adicionados na fertirrega, 3 057,76€ (2 405,96€ em energia e 651,80€ em água).

Como curiosidade, juntamos a Figura 54 que mostra a eutrofização da água da charca e a possibilidade da mesma resultar de um excesso de sais no lençol freático de onde é captada a água para rega. Não queremos nem podemos atribuir esta situação à prática de fertirrega da parcela ou da área total da quinta pois sabemos que o lençol freático é alimentado pela Bacia Hidrográfica do Tejo. No entanto, não podemos deixar de considerar que a presença de sais na água de rega poderia substituir, em parte ainda que pequena, a adição de nutrientes na fertirrega, resultando também em poupança na conta de cultura, advindo simultaneamente num benefício para o ambiente.



**Figura 54** – Charca com algas em 18/8/2022

## 10 – NOTA FINAL

Um pouco por todo o país e pelo Mundo, o debate repete-se. De um lado agricultores, do outro, ambientalistas. Todos a olhar para a água. Em pano de fundo, a crise climática e uma certeza: no futuro haverá menos água de qualidade disponível para toda a humanidade.

Com este trabalho tentámos evidenciar a importância que a tecnologia, hoje à disposição do agricultor, trouxe para uma mais assertiva gestão dos recursos na agricultura. No entanto, consideramos que as potencialidades dessa tecnologia ainda não se encontram totalmente exploradas, pelo que será necessário continuar a intervir e a informar sobre o mais correto uso da mesma. Cabe aos técnicos fornecer a formação e dar o acompanhamento, que permitam a obtenção de uma maior eficácia na utilização da água de rega.

No caso em análise, pensamos ser possível otimizar ainda mais, rega e recursos, mantendo ou, quiçá, aumentando a produtividade a favor do agricultor.

Uma das formas passará, caso assim o entenda, pela substituição os reguladores de pressão que se encontram danificados, ao longo da rampa, por forma a uniformizar a distribuição pluviométrica e obter uma rega uniforme e calibrada.

Pode ainda, numa próxima mobilização desta parcela, passar um subsolador a mais de 50cm de profundidade, por forma a desfazer o calo de lavoura, que pelos dados das sondas parece existir aos 55cm. Este calo de lavoura, para além de dificultar o desenvolvimento das raízes, dado a acumulação de água indiciada pelos dados das sondas, pode provocar asfixia radicular e conseqüente possibilidade de redução na produtividade.

Acreditamos que o caminho se faz caminhando e que este nosso trabalho pode aportar mais valias para análise e ajustes, de modo a permitir que conjuntamente com a poupança da água, possam ser poupados adubos e energia, com reflexos positivos na conta de cultura.

## 11 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Europeia do Ambiente (2021), *A Água na Agricultura*.
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements.
- Palminha, A. (2021) Tecnologias de Agricultura de Precisão em Arroz caso de estudo – Boicilhos do Meio.
- Barros, J. *et al* (2014) – A Cultura do Milho , Universidade de Évora
- Campos, J. (2015) *Eficiência energética na agricultura*, Revista Agrotec nº 10, Porto.
- Cardoso, J.V.J.C (1965). *Os solos de Portugal: sua classificação, caracterização e génese*. 1-A sul do rio Tejo. Direção Geral dos Serviços Agrícolas, Lisboa.
- Conceição, L., Rodrigues, G. (2021) *Inovação tecnológica, rega e otimização do uso da água*, InovTechAgro, Rvista da Associação Portuguesa de Horticultura nº 140, Lisboa.
- Costa, J. B. da – “Caracterização e Constituição do Solo”. Fundação Calouste Gulbenkian, 3ª Edição. Lisboa, 1985.
- Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2018) – Valores Normais.
- Martins, I. (2010) *O PRODER e a Agricultura Portuguesa de Regadio*, VII Congresso Nacional do Milho, 10 e 11 de fevereiro, Lisboa.
- Nunes F., Mendes J. (2015), *Auditoria a Sistemas de Rega*, COTR - Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio, Portal Agronegócios. EU.
- Núncio, J. ,*et al*. (2019) *Avaliação de eficiências hídrica e energética no regadio*, in Energia na agricultura, A. Sampaio *et al*. (Coord.), Cultivar-Cadernos de Análise e Prospetiva nº18, Gabinete de Planeamento, Políticas e Administração Geral, Lisboa.
- Oliveira, I. “*et al*” – “Guia de Rega”. Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio. Beja, 2003.
- Ramos, P. (2011). *Balanço Hídrico e perda de solo em pastagens*. Mestre. Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Raposo, J.R. (1989). *A rega em Portugal*. Lisboa: Ministério da Agricultura, Pescas e Alimentação, Secretaria de Estado da Agricultura.
- Shahidian S.; Guimarães R.; Rodrigues C. (2012), *Gestão da água no regadio*, in Hidrologia Agrícola, Évora.
- Ramos, T.B, *et al* (2016). *Características de retenção de água no solo para utilização na rega das culturas*. INIAV

## 12 – CIBERGRAFIA

<http://www.ipma.pt/pt>. acessado em 12/12/2021

<https://www.eea.europa.eu/pt/articles/a-agua-na-agricultura> . acessado a 12/12/2021

<http://www.agrotec.pt/noticias/eficiencia-energetica-na-agricultura/> acessado a 12/12/2021.

[https://www.gpp.pt/images/GPP/O\\_que\\_disponibilizamos/Publicacoes/CULTIVAR\\_18/CULTIVAR%2018.pdf](https://www.gpp.pt/images/GPP/O_que_disponibilizamos/Publicacoes/CULTIVAR_18/CULTIVAR%2018.pdf) acessado a 20/12/2021.

<https://www.fao.org/3/x0490e/x0490e0b.htm> acessado a 20/12/2021.

[https://www.gpp.pt/images/GPP/O\\_que\\_disponibilizamos/Publicacoes/CULTIVAR\\_18/CULTIVAR%2018.pdf](https://www.gpp.pt/images/GPP/O_que_disponibilizamos/Publicacoes/CULTIVAR_18/CULTIVAR%2018.pdf)

---

[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_22\\_3746](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_3746) -acedido em 2/9/2022

[https://www.cm-braganca.pt/cmbraganca2020/uploads/document/file/2771/8\\_Rega.pdf](https://www.cm-braganca.pt/cmbraganca2020/uploads/document/file/2771/8_Rega.pdf)  
acedido em 02/09/2022

[https://issuu.com/indiceict/docs/23-05-2019\\_manual\\_1\\_guia\\_viti\\_nov\\_w?fbclid=IwAR11QXPvfLOVyiJyT\\_1PhALQyRbUvXYW8Aqkv7IMZwaRhA\\_I3Y7ITVhIkG0](https://issuu.com/indiceict/docs/23-05-2019_manual_1_guia_viti_nov_w?fbclid=IwAR11QXPvfLOVyiJyT_1PhALQyRbUvXYW8Aqkv7IMZwaRhA_I3Y7ITVhIkG0) acessado em 2/09/2022

<https://www.lapappadolce.net/62-esperimenti-scientifici-limportanza-del-verde/?fbclid=IwAR0hhAx8CF0GMaGFrNRDy3Me2uTHlw1UfsA1rg3OArbWFHpVR3zZVT2OQJ8> acessado a 2/09/2022 Solo

<http://api.ipma.pt/#> - Serviço online com dados de observação e previsão .Acedido em 2/9/2022

<http://portaldoclima.pt/pt> - informação de séries históricas, e projeções climáticas a nível regional e indicadores climáticos para setores específicos. Acedido em 2/9/2022

<https://www.anpromis.pt/o-milho/26-ii-fertilizacao-azotada.html> acessado em 12/12/2022

[https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1342431](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1342431) - acessado em 11/9/2022

<https://www.quiadaengenharia.com/capilaridade-solo/> - acessado em 2/9/2022

<https://www.traxco.pt/produtos/reguladores-de-pressao> - acessado em 12/10/2022

<https://apambiente.pt/agua/taxa-de-recursos-hidricos> - acessado em 2/11/2022

<https://files.dre.pt/1s/2008/06/11100/0339503403.pdf> - acessado em 2/11/2022

<http://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/15293> parâmetros de qualidade de rega  
acedido em 12/12/2022

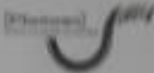
<https://eos.com/pt/make-an-analysis/ndmi/> acessado em 12/12/2022

<http://www.cotr.pt/docs/ICNRD/Papers/44.pdf> acessado em 12/12/2022


<https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/7213/1/Capitulo%209%20Gestao%20da%20C3%A1qua%20no%20regadio.pdf> acessado em 12/12/2022.

# ANEXOS

Análise solo poços 1 e 2



**INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM**  
ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE SANTARÉM



**Departamento de Ciências Agrárias e Ambiente**  
**- Unidade Laboratorial -**

**ANÁLISE DE TERRA**

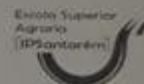
**DCAA-UL**  
 Estágio Mestrado - Odete/Nicolau  
 Eng.ª Malinda

Referência da Laboratório	Referência da Amostra	Entrada	Saída
<b>494</b>	<b>Poço 1</b>	07/03/2022	21/3/2022

ANÁLISES	Resultados	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Textura de Campo						
pH (H <sub>2</sub> O)						
Matéria Orgânica (%)						
Fósforo assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )						
Potássio assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )						
Calcário Total (%)						
Cálcio assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )						
Magnésio assimilável (mg kg <sup>-1</sup> )						
Ferro extraível (mg kg <sup>-1</sup> )						
Cobre extraível (mg kg <sup>-1</sup> )						
Zinco extraível (mg kg <sup>-1</sup> )						
Manganês extraível (mg kg <sup>-1</sup> )						
Boro extraível (mg kg <sup>-1</sup> )						
Azoto Total (%)		<b>Comentários:</b>				
Azoto Nitrato (mg kg <sup>-1</sup> )						
Ca Troca (me/100 g)						
Mg Troca (me/100 g)						
K Troca (me/100 g)						
Na Troca (me/100 g)						
Acidez titulável (me/100 g)						
Soma Bases Troca (me/100 g)						
Cap. Troca Catiónica (me/100 g)						
<input checked="" type="checkbox"/> Areia (%)	34					
<input checked="" type="checkbox"/> Limo (%)	24					
<input checked="" type="checkbox"/> Argila (%)	42					
<input checked="" type="checkbox"/> Classe de Textura	Argilosa					
Técnico:						

Contato direto: Tel: 243 307 345  
[ul.ia@cpa.ipsantarém.pt](mailto:ul.ia@cpa.ipsantarém.pt)

Quinta do Galvão, S. Pedro - 2021-904 Santarém



Departamento de Ciências Agrárias e Ambiente  
- Unidade Laboratorial -

**ANÁLISE DE TERRA**

DCAA-UL  
Estágio Mestrado - Odete/Nicolau  
Eng<sup>a</sup> Mafalda

Referência do Laboratório <b>495</b>	Referência da Amostra <b>Poço 2</b>	Entrada 07/03/2022	Saída 21/3/2022
---	--	-----------------------	--------------------

ANÁLISES	Resultados	Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
Textura de Campo						
pH (H <sub>2</sub> O)						
Matéria Orgânica (%)						
Fósforo assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Potássio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Calcário Total (%)						
Cálcio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Magnésio assimilável (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ferro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Cobre extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Zinco extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Manganês extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Boro extraível (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Azoto Total (%)		<b>Comentários:</b>				
Azoto Nitríco (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Ca Troca (me/100 g)						
Mg Troca (me/100 g)						
K Troca (me/100 g)						
Na Troca (me/100 g)						
Acidez titulável (me/100 g)						
Soma Bases Troca (me/100 g)						
Cap.Troca Catiónica (me/100 g)						
X Areia (%)	26					
X Limo (%)	28					
X Argila (%)	46					
X Classe de Textura	Argilosa					

Técnico:

Contato direto: Tel: 243 307 345  
ul.dcaa@esa.ipsantarém.pt

Quinta do Galinheiro, S. Bento, 2201-904 Santarém

CARTA DE REGA													
EMISSORES		VALORES TEÓRICOS					VALORES FORNECIDOS					BALANÇO	
Posição	$L_i$	$Q_{EMISSOR}$	$D/Y$	$\phi_{EMISSOR}$	$\phi_p$	$i_e$	$\phi_{EMISSOR}$	C	$Q_{EMISSOR}$	$i_e$	$\Delta Q$	$\Sigma(\Delta Q)$	
#	(m)	(m <sup>3</sup> /h)	(m)	(mm)		(mm/h)	(mm)		(m <sup>3</sup> /h)	(mm/h)	(m <sup>3</sup> /h)	(m <sup>3</sup> /h)	
1	2.8	0.012	16.5	0.50	33.2	0.1			0.000	0.0	-0.012	-0.012	
2	5.6	0.04	16.5	0.86	19.2	0.3			0.000	0.0	-0.036	-0.048	
3	8.4	0.06	16.5	1.11	14.9	0.5			0.000	0.0	-0.060	-0.108	
4	11.2	0.08	16.5	1.31	12.6	0.7			0.000	0.0	-0.084	-0.193	
5	14.0	0.11	16.5	1.49	11.1	1.0			0.000	0.0	-0.108	-0.301	
6	16.8	0.13	16.5	1.65	10.0	1.2			0.000	0.0	-0.133	-0.434	
7	19.6	0.16	16.5	1.79	9.2	1.4			0.000	0.0	-0.157	-0.591	
8	22.4	0.18	16.5	1.92	8.6	1.6			0.000	0.0	-0.181	-0.771	
9	25.2	0.20	16.5	2.05	8.1	1.8			0.000	0.0	-0.205	-0.976	
10	28.0	0.23	16.5	2.17	7.6	2.0			0.000	0.0	-0.229	-1.205	
11	30.8	0.25	16.5	2.28	7.3	2.2			0.000	0.0	-0.253	-1.458	
12	33.6	0.28	16.5	2.38	6.9	2.5			0.000	0.0	-0.277	-1.736	
13	36.4	0.30	16.5	2.48	6.7	2.7			0.000	0.0	-0.301	-2.037	
14	39.2	0.33	16.5	2.58	6.4	2.9			0.000	0.0	-0.325	-2.362	
15	42.0	0.35	16.5	2.68	6.2	3.1			0.000	0.0	-0.350	-2.712	
16	44.8	0.37	16.5	2.77	6.0	3.3			0.000	0.0	-0.374	-3.086	
17	47.6	0.40	16.5	2.85	5.8	3.5			0.000	0.0	-0.398	-3.483	
18	50.4	0.42	16.5	2.94	5.6	3.7			0.000	0.0	-0.422	-3.905	
19	53.2	0.45	16.5	3.02	5.5	3.9			0.000	0.0	-0.446	-4.351	
20	56.0	0.47	16.5	3.10	5.3	4.2			0.000	0.0	-0.470	-4.821	
21	58.8	0.49	16.5	3.18	5.2	4.4			0.000	0.0	-0.494	-5.315	
22	61.6	0.52	16.5	3.26	5.1	4.6			0.000	0.0	-0.518	-5.834	
23	64.4	0.54	16.5	3.33	5.0	4.8			0.000	0.0	-0.542	-6.376	
24	67.2	0.57	16.5	3.41	4.8	5.0			0.000	0.0	-0.566	-6.942	
25	70.0	0.59	16.5	3.48	4.7	5.2			0.000	0.0	-0.591	-7.533	
26	72.8	0.61	16.5	3.55	4.6	5.4			0.000	0.0	-0.615	-8.148	
27	75.6	0.64	16.5	3.62	4.6	5.7			0.000	0.0	-0.639	-8.786	
28	78.4	0.66	16.5	3.69	4.5	5.9			0.000	0.0	-0.663	-9.449	
29	81.2	0.69	16.5	3.75	4.4	6.1			0.000	0.0	-0.687	-10.136	
30	84.0	0.71	16.5	3.82	4.3	6.3			0.000	0.0	-0.711	-10.847	
31	86.8	0.74	16.5	3.88	4.2	6.5			0.000	0.0	-0.735	-11.583	
32	89.6	0.76	16.5	3.95	4.2	6.7			0.000	0.0	-0.759	-12.342	
33	92.4	0.78	16.4	4.01	4.1	6.9			0.000	0.0	-0.783	-13.125	
34	95.2	0.81	16.4	4.07	4.0	7.1			0.000	0.0	-0.808	-13.933	
35	98.0	0.83	16.4	4.13	4.0	7.4			0.000	0.0	-0.832	-14.765	
36	100.8	0.86	16.4	4.19	3.9	7.6			0.000	0.0	-0.856	-15.620	
37	103.6	0.88	16.4	4.25	3.9	7.8			0.000	0.0	-0.880	-16.500	
38	106.4	0.90	16.4	4.31	3.8	8.0			0.000	0.0	-0.904	-17.404	
39	109.2	0.93	16.4	4.37	3.8	8.2			0.000	0.0	-0.928	-18.332	
40	112.0	0.95	16.4	4.43	3.7	8.4			0.000	0.0	-0.952	-19.284	
41	114.8	0.98	16.4	4.48	3.7	8.6			0.000	0.0	-0.976	-20.261	
42	117.6	1.00	16.3	4.54	3.6	8.8			0.000	0.0	-1.000	-21.261	
43	120.4	1.02	16.3	4.59	3.6	9.1			0.000	0.0	-1.024	-22.286	
44	123.2	1.05	16.3	4.65	3.5	9.3			0.000	0.0	-1.049	-23.334	
45	126.0	1.07	16.3	4.70	3.5	9.5			0.000	0.0	-1.073	-24.407	
46	128.8	1.10	16.3	4.76	3.4	9.7			0.000	0.0	-1.097	-25.504	
47	131.6	1.12	16.3	4.81	3.4	9.9			0.000	0.0	-1.121	-26.625	
48	134.4	1.15	16.2	4.86	3.3	10.1			0.000	0.0	-1.145	-27.770	
49	137.2	1.17	16.2	4.91	3.3	10.3			0.000	0.0	-1.169	-28.939	
50	140.0	1.19	16.2	4.97	3.3	10.6			0.000	0.0	-1.193	-30.132	
51	142.8	1.22	16.2	5.02	3.2	10.8			0.000	0.0	-1.217	-31.349	
52	145.6	1.24	16.2	5.07	3.2	11.0			0.000	0.0	-1.241	-32.591	
53	148.4	1.27	16.1	5.12	3.2	11.2			0.000	0.0	-1.266	-33.856	
54	151.2	1.29	16.1	5.17	3.1	11.4			0.000	0.0	-1.290	-35.146	
55	154.0	1.31	16.1	5.22	3.1	11.6			0.000	0.0	-1.314	-36.460	
56	156.8	1.34	16.1	5.27	3.0	11.8			0.000	0.0	-1.338	-37.798	
57	159.6	1.36	16.0	5.32	3.0	12.0			0.000	0.0	-1.362	-39.159	
58	162.4	1.39	16.0	5.37	3.0	12.3			0.000	0.0	-1.386	-40.546	
59	165.2	1.41	16.0	5.42	3.0	12.5			0.000	0.0	-1.410	-41.956	
60	168.0	1.43	16.0	5.47	2.9	12.7			0.000	0.0	-1.434	-43.390	
61	170.8	1.46	15.9	5.51	2.9	12.9			0.000	0.0	-1.458	-44.848	
62	173.6	1.48	15.9	5.56	2.9	13.1			0.000	0.0	-1.482	-46.331	
63	176.4	1.51	15.9	5.61	2.8	13.3			0.000	0.0	-1.507	-47.837	
64	179.2	1.53	15.8	5.66	2.8	13.5			0.000	0.0	-1.531	-49.368	
65	182.0	1.55	15.8	5.70	2.8	13.8			0.000	0.0	-1.555	-50.923	
66	184.8	1.58	15.8	5.75	2.7	14.0			0.000	0.0	-1.579	-52.502	
67	187.6	1.60	15.7	5.80	2.7	14.2			0.000	0.0	-1.603	-54.105	
68	190.4	1.63	15.7	5.85	2.7	14.4			0.000	0.0	-1.627	-55.732	
69	193.2	1.65	15.7	5.89	2.7	14.6			0.000	0.0	-1.651	-57.383	
70	196.0	1.68	15.6	5.94	2.6	14.8			0.000	0.0	-1.675	-59.059	
71	198.8	1.70	15.6	5.99	2.6	15.0			0.000	0.0	-1.699	-60.758	
72	201.6	1.72	15.5	6.03	2.6	15.2			0.000	0.0	-1.724	-62.482	
73	204.4	1.75	15.5	6.08	2.6	15.5			0.000	0.0	-1.748	-64.229	
74	207.2	1.77	15.5	6.12	2.5	15.7			0.000	0.0	-1.772	-66.001	
75	210.0	1.80	15.4	6.17	2.5	15.9			0.000	0.0	-1.796	-67.797	
76	212.8	1.82	15.4	6.22	2.5	16.1			0.000	0.0	-1.820	-69.617	
77	215.6	1.84	15.3	6.26	2.4	16.3			0.000	0.0	-1.844	-71.461	
78	218.4	1.87	15.3	6.31	2.4	16.5			0.000	0.0	-1.868	-73.329	
79	221.2	1.89	15.2	6.35	2.4	16.7			0.000	0.0	-1.892	-75.221	
80	224.0	1.92	15.2	6.40	2.4	17.0			0.000	0.0	-1.916	-77.138	
81	226.8	1.94	15.1	6.44	2.3	17.2			0.000	0.0	-1.940	-79.078	
82	229.6	1.96	15.1	6.49	2.3	17.4			0.000	0.0	-1.965	-81.043	
83	232.4	1.99	15.0	6.53	2.3	17.6			0.000	0.0	-1.989	-83.032	
84	235.2	2.01	15.0	6.58	2.3	17.8			0.000	0.0	-2.013	-85.044	
85	238.0	2.04	14.9	6.62	2.3	18.0			0.000	0.0	-2.037	-87.081	
86	240.8	2.06	14.9	6.67	2.2	18.2			0.000	0.0	-2.061	-89.142	
87	243.6	2.09	14.8	6.72	2.2	18.4			0.000	0.0	-2.085	-91.227	
88	246.4	2.11	14.7	6.76	2.2	18.7			0.000	0.0	-2.109	-93.337	
89	249.2	2.13	14.7	6.81	2.2	18.9			0.000	0.0	-2.133	-95.470	
90	252.0	2.16	14.6	6.85	2.1	19.1			0.000	0.0	-2.157	-97.627	
91	254.8	2.18	14.6	6.90	2.1	19.3			0.000	0.0	-2.182	-99.809	
92	257.6	2.21	14.5	6.94	2.1	19.5			0.000	0.0	-2.206	-102.015	
93	260.4	2.23	14.4	6.99	2.1	19.7			0.000	0.0	-2.230	-104.244	
94	263.2	2.25	14.4	7.04	2.0	19.9			0.000	0.0	-2.254	-106.498	
95	266.0	2.28	14.3	7.08	2.0	20.2			0.000	0.0	-2.278	-108.776	
96	268.8	2.30	14.2	7.13	2.0	20.4			0.000	0.0	-2.302	-111.078	
97	271.6	2.33	14.2	7.17	2.0	20.6			0.000	0.0	-2.326	-113.405	
98	274.4	2.35	14.1	7.22	1.9	20.8			0.000	0.0	-2.350	-115.755	
99	277.2	2.37	14.0	7.27	1.9	21.0			0.000	0.0	-2.374	-118.129	
100	280.0	2.40	13.9	7.31	1.9	21.2			0.000	0.0	-2.399	-120.528	
101	282.8	2.42	13.9	7.36	1.9	21.4			0.000	0.0	-2.423	-122.950	
102	285.6	2.45	13.8	7.41	1.9	21.6			0.000	0.0	-2.447	-125.397	
103	288.4	2.47	13.7	7.45	1.8	21.9			0.000	0.0	-2.471	-127.868	
104	291.2	2.49	13.6	7.50	1.8	22.1			0.000	0.0	-2.495	-130.363	
105	294.0	2.52	13.5	7.55	1.8	22.3			0.000	0.0	-2.519	-132.882	
106	296.8	2.54	13.4	7.60	1.8	22.5			0.000	0.0	-2.543	-135.425	
107	299.6	2.57	13.4	7.65	1.7	22.7			0.000</				

Santarém, 15/02/2018

## Dados Técnicos - Pivot



Cliente : SOC. AGRIC. NATEIRO DA CARDIGA LDA  
Pivot n.º : 18-P-06 Tipo Pivot : Circular  
Modelo Pivot : 8120 de 6.5/8" POLY-PIPE

Pivot :			
Área regada (aprox) (ha):	38,19	Caudais propostos :	Perdas de Carga (kg/cm2) :
Tempo de rotação (h:m):	07h:48min	(m3/h): 192,46	na Tubagem do Pivot: 0,74
Dotação mínima rega (mm):	3,93	(l/m): 3 207,63	na Altura do Pivot: 0,20
Pressão Aspensor Final (kg/cm2):	2,00	(l/seg): 53,46	centro do Pivot ao ponto mais alto: 0,60
Pressão ao manómetro do Pivot:		3,5 kg/cm2	50,52 PSI

Equivalência Velocidade Rotação / Tempo de Rotação / Dotação de Rega : ( 100% = 07h:48min - 3,93 mm)								
90% -	08h:40min	4,37 mm	60% -	12h:60min	6,55 mm	30% -	25h:59min	13,10 mm
80% -	09h:45min	4,91 mm	50% -	15h:36min	7,86 mm	20% -	38h:59min	19,65 mm
70% -	11h:08min	5,61 mm	40% -	19h:29min	9,82 mm	10% -	77h:58min	39,29 mm

Valores introduzidos para cálculo :					
Raio ( mts):	328,64		Tubagem :		
Lance Suspenso (mts):	16,70		Compr (mts):	Altura do Manómetro (mts):	2
Desnível ao ponto : mais alto (mts):	6,00	mais baixo (mts):	1,00	Diam (mm):	Caudal (l/seg/ha): 1,40
Alcance aspensor final (mts):	20,00				
Velocidade máxima última torre (mts/min):	4,19				
Tipo Motor :	Novo, Alta Velocidade Alta Flutuação (4,19 mts/min)				

NOTA: PORQUE AS INFORMAÇÕES ACIMA REFERIDAS SÃO BASEADAS EM VARIÁVEIS QUE NÃO PODEMOS CONTROLAR, A IRRICAMPO NÃO PODE GARANTIR O TOTAL RIGOR DAS MESMAS, ALÉM DO MAIS, A IRRICAMPO NÃO DÁ RECOMENDAÇÕES SOBRE A CONDUÇÃO DA REGA OU OUTRAS TÉCNICAS AGRÍCOLAS QUE SERÃO DA TOTAL RESPONSABILIDADE DO CLIENTE.

### IRRICAMPO - SISTEMAS DE REGA, LDA.

QUINTA DO MOCHÃO, 2005-465 SANTARÉM - PORTUGAL | TEL. +351 243 359 450 | FAX: +351 243 359 451  
QUINTA DO MATA-BODES, APARTADO, 516 - 7801-906 BEJA - PORTUGAL | TEL. +351 284 328 333 | FAX: +351 284 324 686  
E-MAIL: IRRICAMPO@IRRICAMPO.PT | WWW.IRRICAMPO.PT  
MATRICULADA NA C.R.C. SANTARÉM SOB Nº 4563 | CONTRIBUINTE Nº 506335240 | CAPITAL SOCIAL 250.000€  
CAE: 46610 COMÉRCIO POR GROSSO DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS AGRÍCOLAS



## Cálculo das tarifas de energia

<b>DIMENSIONAMENTO</b>					
Q =	<b>0.0617</b>	m <sup>3</sup> /s		222	m <sup>3</sup> /h
γ =	<b>9800</b>	N/m <sup>3</sup>			
Ht =	<b>8.9</b>	m			
η =	<b>78</b>	%			
Td =	<b>18</b>	h			
Σ d/ano =	<b>0</b>	dias			
<b>Tarifário Energia</b>					
períodos diários	super-vazio	vazio	cheia	ponta	TOTAL
tempo (h)	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>18.0</b>
€/kWh	<b>0.0575</b>	<b>0.0622</b>	<b>0.0695</b>	<b>0.2198</b>	<b>0.0652</b>
<b>Características Hidráulicas</b>					
V/d =	3996.0	m <sup>3</sup>			
Σ V/ano =	0	m <sup>3</sup>			
P abs. =	<b>6.90</b>	kW		9.4	cv
<b>Consumo Energia</b>					
Σ/d =	<b>124.1</b>	kW			
Σ/ano =	<b>0</b>	kW			
Encargo diário energia =	<b>8.09</b>	€			
Encargo anual energia =	<b>0.00</b>	€			
Custo elevação água =	<b>0.002</b>	€/m <sup>3</sup>			
Factor Potência =	0.84				
Enc. diário energia reactiva =	<b>1.29</b>	€			
Enc. anual energia reactiva =	<b>0.00</b>	€			
<b>NOTAS:</b>					
<b>- Valores da energia para tarifa tetra-horária (médias utilizações).</b>					