

# AGIR

Avaliação da Eficiência do Uso da  
**Água** e da **Energia** em  
Aproveitamentos Hidroagrícolas

**GUIA TÉCNICO**

## **ORIENTAÇÕES SOBRE PRÁTICAS DE REGADIO NA EXPLORAÇÃO AGRÍCOLA**

**Junho, 2021**

 **PROGRAMA DE  
DESENVOLVIMENTO  
RURAL 2014 · 2020**

 **PORTUGAL  
2020**



**UNIÃO EUROPEIA**

Fundo Europeu Agrícola  
de Desenvolvimento Rural

*A Europa Investe nas Zonas Rurais*

# Ficha Técnica

## Título

Orientações sobre práticas de regadio na exploração agrícola

## Autoria

Paulo Brito da Luz (INIAV), Marta Santos (COTR), Nelson Carriço (IPS).

Contribuições dos autores: Investigação, conceptualização e validação da metodologia, escrita e revisão de todos os capítulos - Paulo Brito da Luz (INIAV), Marta Santos (COTR), Nelson Carriço (IPS).

## Contributos

Fornecimento de dados, verificação da metodologia e orientações práticas - Carina Arranja e Diana Cordeiro (FENAREG).

## Agradecimentos

Os autores agradecem os contributos e a participação de todos os parceiros e participantes no projeto. Esta lista inclui os contribuidores mencionados acima e Dália Loureiro (LNEC), Madalena Moreira (UE); Carlos Chibeles (ABORO), Gonçalo Sousa (ARBVS), Manuel Matos (ABOVigia) e agricultores, em particular à Sociedade Agrícola Bico Vela II, LDA., Mencoca Agricultura, Lda. e Agro Vale Longo, Lda (colaboraram no fornecimento de dados);

## Financiamento

O presente Guia Técnico foi desenvolvido no âmbito do projeto AGIR financiado pela Ação 1.1 dos Grupos Operacionais do Programa de Desenvolvimento Rural 2014-2020 (PDR2020), Operação PDR2020-101-031874.

## Edição

1ª Edição

## Local e data de edição

Coruche, setembro 2021

## ISBN

978-972-579-068-7



## Prefácio dos Parceiros do projeto AGIR

O projeto AGIR – Avaliação da Eficiência do Uso da Água e da Energia em Aproveitamentos hidroagrícolas vem abrir um novo e promissor caminho para a melhoria de eficiência dos sistemas de rega em termos de perdas de água e consumo de energia.

Ciente da importância e oportunidade de conhecer e melhorar a eficiência hídrica dos sistemas de regadio em Portugal, e conhecedora do percurso já percorrido para os sistemas urbanos de água, a FENAREG decidiu AGIR. Desafiou o LNEC, algumas associações de regantes e beneficiários (da Obra de Rega de Odivelas; do Vale do Sorraia; da Obra da Vigia), alguns agricultores (Sociedade Agrícola Bico da Vela II; AGRO-VALE Longo, Lda; Mencoca Agricultura, Lda.) e outros parceiros da academia (Universidade de Évora e Instituto Politécnico de Setúbal) e da investigação e tecnologia (INIAV – Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária; COTR – Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio) para, todos juntos, traçarmos um percurso equivalente para estes sistemas, ancorado nos resultados existentes para os sistemas urbanos de água. O objetivo era desenvolvermos um sistema de avaliação de desempenho uniformizado que permita quantificar a eficiência do uso da água e da energia nas redes primária e secundária (i.e., de transporte e distribuição) dos Aproveitamentos Hidroagrícolas e, também, ao nível da exploração agrícola.

Tratou-se de um intenso trabalho de equipa, um trabalho de coprodução. Ao conhecimento e experiência do LNEC em sistemas de avaliação de desempenho e na gestão de perdas de água e energia somou-se todo o conhecimento científico da Universidade de Évora e do Politécnico de Setúbal e todo o conhecimento prático da FENAREG, das associações de regantes, do COTR, do INIAV e dos agricultores sobre os sistemas hidroagrícolas.

Cientes de que se tratou de um primeiro passo de um longo caminho até uma plena internalização por parte de todas as partes interessadas relevantes, sentimo-nos satisfeitos pelos resultados alcançados. O sistema de avaliação e as abordagens para cálculo do balanço hídrico e energético, propostas no Guia Técnico de Avaliação da Eficiência do Uso da Água e da Energia em Aproveitamentos Hidroagrícolas, estão agora à disposição de mais de 50 entidades gestoras nacionais, podendo também ser aplicado internacionalmente, enquanto instrumento fundamental de apoio à gestão, e das autoridades nacionais responsáveis pelas políticas públicas neste domínio. Por outro, a metodologia proposta para avaliação qualitativa da eficiência de aplicação de água em sistemas de rega sob pressão, assim como as orientações sobre práticas de regadio nas explorações agrícolas, estão agora disponíveis a todos os regantes nacionais (i.e., agricultores) através do presente Guia.

Naturalmente que é sempre possível e desejável melhorar. A equipa deste projeto continua disponível e motivada para continuar a participar ativamente no processo de melhoria contínua e nas novas etapas deste processo.

## Abreviaturas e acrónimos

CC	Capacidade de campo
CU	Capacidade utilizável
COTR	Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio
DGADR	Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural
DGP	Déficit de gestão permissível
EA	Eficiência de aplicação
ETo	Evapotranspiração de referência
ETc	Evapotranspiração cultural
ESP	Escoamento superficial potencial
ESR	Escoamento superficial real
FENAREG	Federação Nacional de Regantes
Kc	Coefficiente cultural
PE	Ponto de emurchecimento
RFU	Reserva facilmente utilizável
TCC	Teor crítico cultural
TI	Taxa de infiltração



# Índice de Texto

1	Introdução .....	1
2	Práticas de rega nas explorações agrícolas .....	2
2.1	Orientações gerais .....	2
2.2	Sistema solo-clima-cultura .....	3
2.2.1	Solo .....	3
2.2.2	Clima .....	6
2.2.3	Cultura .....	9
2.3	Sistemas de rega .....	13
2.3.1	Seleção e dimensionamento .....	13
2.3.2	Gestão da rega.....	16
2.3.3	Avaliação do desempenho .....	17
3	Metodologia para avaliação da eficiência de aplicação em parcelas agrícolas .....	20
4	Linhas orientadoras para a melhoria do desempenho .....	25
4.1	Recomendações .....	25
4.1.1	Dimensionamento .....	25
4.1.2	Gestão da Rega .....	27
4.1.3	Avaliação do desempenho .....	28
4.2	Auditorias aos sistemas de rega nas explorações piloto .....	29
4.2.1	Grupo de bombagem .....	31
4.2.2	Filtragem .....	32
4.2.3	Sistema de fertirrega – Bombas doseadoras .....	32
4.3	Considerações finais .....	34
	Referências bibliográficas .....	36

## Índice de Figuras

Figura 2.1 – Carta solos de Portugal Continental .....	3
Figura 2.2 – Exemplo de carta de solos de dois pivots .....	4
Figura 2.3 – Representação gráfica com frações granulométricas e agrupamentos texturais .....	4
Figura 2.4 – Agrupamentos texturais .....	5
Figura 2.5 – Mapas das frações granulométricas dos solos .....	6
Figura 2.6 – Mapa das zonas de aridez no período de 1980-2010 (Fonte: ICNF) .....	7
Figura 2.7 – Número de dias quentes ( $T > 30^{\circ}\text{C}$ ) registados durante o verão no período 1971-2000 (Fonte: Portal do Clima) .....	7
Figura 2.8 – Média das temperaturas máximas numa estação do (a) Ribatejo; (b) Alentejo .....	8
Figura 2.9 – Número de dias com registo de temperaturas superiores a $30^{\circ}\text{C}$ numa estação do (a) Ribatejo; (b) Alentejo .....	8
Figura 2.10 – Número de dias com vento moderado registados no verão, no período 1971-2000 (Fonte: Portal do Clima) .....	9
Figura 2.11 – Número de dias com m registo de velocidade do vento acima dos 3,8m/s, nos meses de junho e julho, numa estação do Alentejo .....	9
Figura 2.12 – Ocupação Cultural nos regadios públicos a nível nacional, no ano de 2018 (Adaptado de DGADR, 2019) .....	11
Figura 2.13 – Padrão de consumos, apresentados em percentil 20, 50 e 80, para principais culturas .....	12
Figura 2.14 – Coeficiente de Uniformidade em sistemas de rega por aspersão em pivot .....	19
Figura 2.15 – Coeficiente de Uniformidade em sistemas de rega localizado .....	19
Figura 3.1 – Representação esquemática do cálculo da EA .....	20
Figura 3.2 – Classificação do ESP .....	22
Figura 3.3 – Aspeto geral da aplicação computacional para o cálculo da eficiência de aplicação .....	24
Figura 4.1 – Esquema geral da instalação de equipamentos para medição do caudal .....	31
Figura 4.2 – Medição do consumo dos motores e do caudal .....	32
Figura 4.3 – Controlo da pressão no sistema de filtragem e manutenção .....	32
Figura 4.4 – Controlo da pressão, fugas e caudal .....	33
Figura 4.5 – Limpeza e purga da rede de rega .....	33



## Índice de Quadros

Quadro 2.1 - Consumos anuais reais e estimados numa exploração agrícola no Alentejo .....	13
Quadro 2.2 - Consumos anuais reais e estimados numa exploração agrícola no Ribatejo .....	13
Quadro 2.3 – Armazenamento superficial em função do coberto vegetal e declive do terreno .....	17
Quadro 2.4 – Velocidade do vento e temperatura do ar .....	18
Quadro 3.1 – Taxa de aplicação (mm/h) .....	21
Quadro 3.2 – Dotação de rega (mm) .....	21
Quadro 3.3 – Textura do solo para taxa de infiltração (mm/h) .....	22
Quadro 3.4 – Redução da eficiência de aplicação, em percentagem (%) .....	23

## 1 Introdução

O sector agrícola é essencial para garantir a alimentação da população e representa, em Portugal, cerca de 4% do PIB nacional. Num clima temperado com verões secos, o regadio é essencial para a sustentabilidade do sector. Atualmente, cerca de 630.500 hectares são área irrigável, e 90% dessa área é efetivamente regada (INE, 2021). O volume de água utilizado para regar essa área corresponde a cerca de 74% do total captado para todas as utilizações (Decreto-Lei n.º 76/2016 de 9 de novembro - Plano Nacional da Água). Este facto faz com que o sector agrícola tenha um papel muito relevante para uma gestão sustentável da água.

As infraestruturas hidráulicas públicas destinadas ao regadio, designadas genericamente por aproveitamentos hidroagrícolas, têm vindo a ser construídas e postas em exploração desde a década de 1930. Os aproveitamentos hidroagrícolas construídos durante o século passado foram concebidos para o transporte e distribuição por gravidade, enquanto no século XXI fez-se uma transição para o transporte e distribuição sob pressão, aumentando significativamente o consumo de energia devido à bombagem (FENAREG, 2017).

Como tal, interessa avaliar, de forma integrada, a eficiência do uso da água e da energia nos aproveitamentos hidroagrícolas. Não se conhecendo nenhuma metodologia consolidada para apoio ao diagnóstico, à análise e à definição de medidas de melhoria da eficiência do uso da água e da energia, de acordo com a realidade de cada aproveitamento hidroagrícola, a Federação Nacional de Regantes de Portugal (FENAREG) promoveu o projeto AGIR - Avaliação da Eficiência do Uso da Água e da Energia em Aproveitamentos Hidroagrícolas. Este projeto teve como principal objetivo a criação de sistema de avaliação de desempenho da eficiência do uso da água e da energia, com aplicação universal, nas redes transporte e distribuição de aproveitamentos hidroagrícolas e, também, ao nível da exploração agrícola.

No enquadramento da gestão local - exploração agrícola, tem sido dada particular atenção à sustentabilidade das condições agroambientais, para as quais as alterações climáticas adicionam complexidade. As metodologias com indicadores, quantitativos ou qualitativos, são crescentemente propostas no âmbito agroambiental e socioeconómico das práticas de regadio; envolvendo a recolha de informação validada, com ações de monitorização e de avaliação do desempenho, conduzem a orientações fundamentadas que reduzem riscos e incertezas nos processos de decisão dos técnicos e regantes.

O presente Guia destina-se a todos os regantes nacionais (i.e., agricultores) e contém uma metodologia que os orientará na realização de uma avaliação qualitativa da eficiência de aplicação de água de sistemas de rega sob pressão, ao nível da rede terciária (i.e., exploração agrícola). Representa, assim, um referencial de fácil leitura e aplicação que promove a utilização e a comparação de recomendações padrão.

## 2 Práticas de rega nas explorações agrícolas

### 2.1 Orientações gerais

Verifica-se que ao longo dos períodos mais quentes e secos o ciclo hidrológico na natureza é em Portugal, e nos climas mediterrânicos em geral, insuficiente para equilibrar as disponibilidades e as necessidades de água, em termos ambientais e dos diferentes setores de atividade. O regadio como ecossistema seminatural permite desenvolver a atividade agrícola com práticas de distribuição e aplicação de água. No entanto, a água necessita de ser utilizada com critérios racionais, de forma que se estabeleçam as soluções mais sustentáveis. Num estudo desenvolvido pelo International Center for Advanced Mediterranean Agronomic Studies (CIHEAM), que aponta estratégias para o uso racional da água na região mediterrânica (CIHEAM, 2011), são apresentadas as seguintes orientações gerais:

- Elaboração de diretrizes/manuais para o “Uso Racional da Água” destinados aos utilizadores;
- Melhorar a utilização da água no regadio em contexto técnico;
- Incentivar tecnologias de rega potencialmente mais eficientes (e.g. gota a gota e aspersão);
- Promover a investigação e a aplicação dos resultados na modernização da rega;
- Maior capacitação nas fases de dimensionamento, gestão e operacionalidade de projetos de rega;
- Desenvolvimento de especificações nacionais de padrões de utilização de equipamentos de rega;
- Necessidade de indicadores para a avaliação da utilização da água;
- Investigação sobre eficiência de aplicação ao nível da parcela do agricultor;
- Seleção de tecnologias mais adaptadas às condições locais (*site-specific*);

Na generalidade dos projetos hidroagrícolas em Portugal, a opção dos regantes por métodos sob pressão (i.e. rega por aspersão e localizada) tem crescido face a vantagens de automatização, economia de mão-de-obra e de maior eficiência na utilização da água. Contudo, continuam a observar-se situações de risco na gestão dos recursos naturais e energéticos, pela falta de adequação da rega ao sistema cultural e às condições pedo-climáticas específicas das parcelas.

Nesta perspetiva, destacam-se as questões com impacto determinante no estabelecimento de **boas práticas** de rega, relacionadas com:

- Condições locais relativas ao sistema **solo-clima-cultura**;
- **Seleção e dimensionamento** da instalação/equipamentos (sistema de rega);
- **Gestão da rega** – programação, monitorização e condução (balanços hídricos)
- **Avaliação do desempenho** (indicadores de uniformidade e eficiência)

## 2.2 Sistema solo-clima-cultura

### 2.2.1 Solo

Para a verificação das potencialidades e limitações do regadio deve-se proceder a uma avaliação pedológica. O conhecimento das especificações locais do solo é crucial para a seleção do sistema de rega e para a sua gestão.

Em termos de tipos de solo a sua classificação pode ser identificada no Atlas da Comissão Europeia (2005), do qual Madeira (2015) apresenta um esboço da carta de solos para Portugal Continental, à escala 1:1.000.000, como se observa na Figura 2.1.

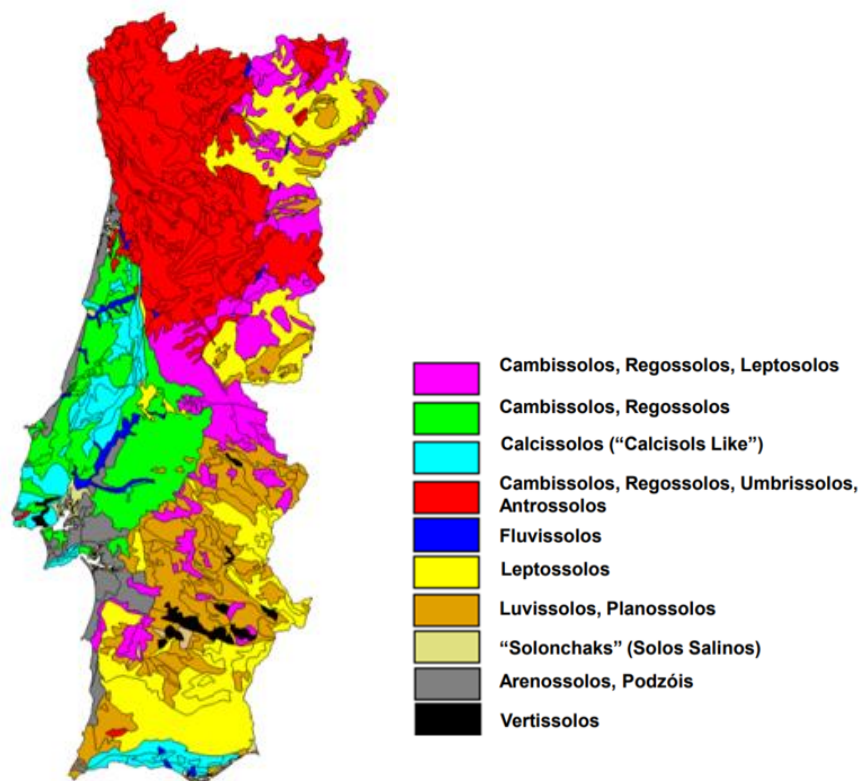


Figura 2.1 – Carta solos de Portugal Continental

Com a cartografia de solos, nomeadamente à escala local da exploração agrícola, estabelecem-se caracterizações sobre a qualidade e a aptidão de diferentes tipos de solo para o regadio, que incluem especificações relativas à granulometria, à espessura, à capacidade de água utilizável, à infiltração, a problemas de drenagem e a riscos de erosão, entre outras. Qualquer projeto de rega deve incluir este nível de informação, que é apoiada por manuais de solos e por outros instrumentos de apoio, como é o caso da plataforma INFOSOLO<sup>[1]</sup> (2020). Na Figura 2.2 apresenta-se um exemplo de uma carta de solos em dois pivots, em que se verificam diferentes graus de heterogeneidade.

<sup>[1]</sup> <https://portalgeo.iniav.pt/portal/apps/webappviewer/index.html?id=17574ca60800415dace9a6369ac53208>

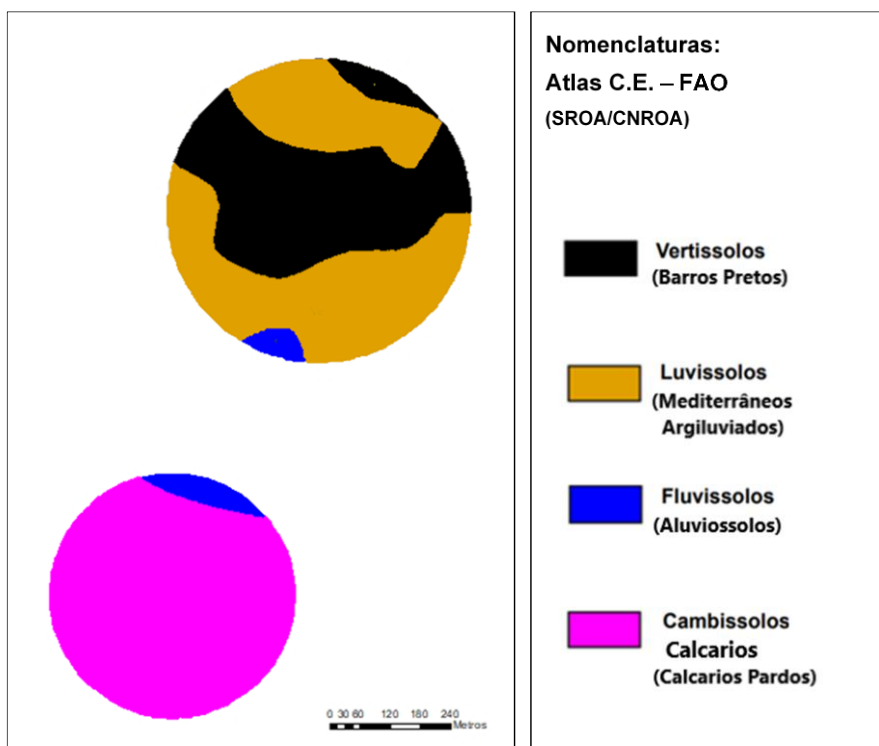


Figura 2.2 – Exemplo de carta de solos de dois pivots

No âmbito deste Guia Técnico, as características do solo são abordadas sobretudo para estimativa das perdas de água e da qualidade da rega. Nesta perspetiva, refere-se a importância da classificação da textura do solo, de acordo com a distribuição de valores percentuais de diferentes frações granulométricas (areia, limo, argila) (Figura 2.3).

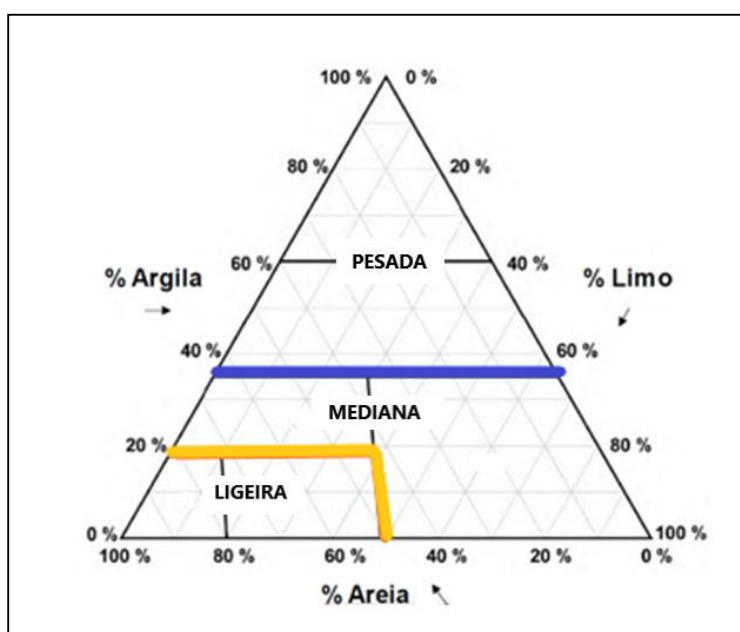


Figura 2.3 – Representação gráfica com frações granulométricas e agrupamentos texturais

Considera-se ainda a vantagem de disponibilizar, aos regantes, ferramentas que facilitem informação numa base qualitativa, mas suficientemente abrangente para as condições de variabilidade e determinando práticas locais fundamentadas e racionais. A classificação da textura pode ser ajustada em termos de agrupamentos pela agregação de várias classes (usualmente identificadas na literatura). A classificação final proposta aponta para seis classes e três agrupamentos de textura: 1) Ligeira; 2) Mediana, e 3) Pesada. Esta classificação permite identificar, em termos genéricos médios, propriedades hidráulicas do solo. São amplamente reportadas: 1) a Capacidade Utilizável (CU), que resulta da diferença entre o valor da Capacidade de Campo (CC) e do Ponto de Emurchecimento (PE); e 2) a Taxa de Infiltração (TI) estabilizada - como valor atingido próximo da saturação (com equivalência à condutividade hidráulica saturada – Ks).

Na Figura 2.3 observam-se as classes dos três agrupamentos texturais e os valores médios de CC, PE, CU e TI previstos. Ainda nesta figura (à direita) são identificadas e relacionadas as características dos parâmetros de humidade do solo, onde se destaca a divisão da CU pelo Teor crítico cultural (TCC, ou DGP -Déficit de gestão permissível), em:

- 1) Reserva facilmente utilizável (RFU);
- 2) Água dificilmente utilizável – que corresponde a uma condição de stress hídrico (Anexo 1).

Se, na zona radicular, o perfil do solo se encontrar na condição de saturação considera-se que existirão perdas de água por drenagem (percolação em profundidade).

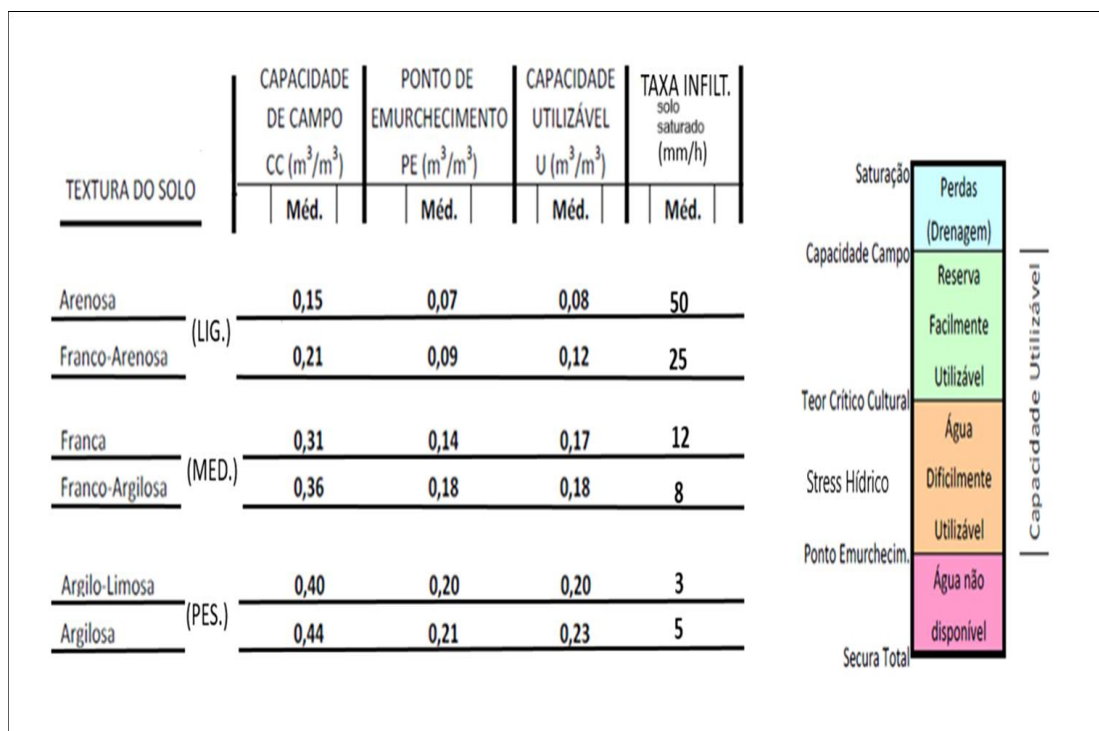


Figura 2.4 – Agrupamentos texturais



A Figura 2.5 identifica mapas das frações granulométricas à escala nacional, que reúne informação analítica relativa a 9.934 horizontes/camadas, correspondentes a 3.461 perfis de solos estudados em Portugal Continental, entre 1966 e 2014 (INFOSOLO, 2020). Na falta de elementos locais estes mapas permitem, a par do diagrama triangular da textura do solo (Figura 2.3), ajustar um quadro de parâmetros para caracterizar o sistema solo-água.

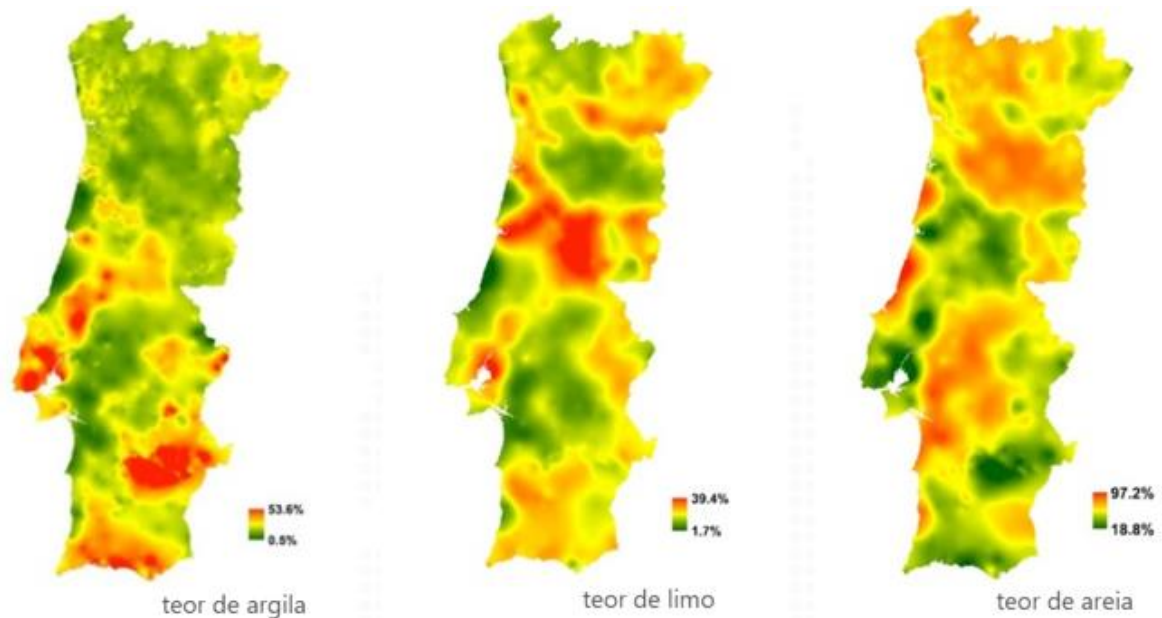


Figura 2.5 – Mapas das frações granulométricas dos solos

## 2.2.2 Clima

As questões climáticas assumem particular importância na região mediterrânica, em que Portugal Continental se insere, devido à grande variabilidade intra e interanual e aos cenários que projetam a redução da precipitação e o aumento da temperatura no verão (EEA, 2017); consequentemente, agravam-se os riscos de seca e de escassez de água, e as ameaças ao potencial da produção agrícola e à segurança alimentar.

### 2.2.2.1 Índice de aridez

As alterações de longo prazo nos cenários climáticos, quanto à temperatura, precipitação, evapotranspiração, frequência e intensidade de eventos extremos afetam o ciclo hidrológico e os usos da água. O clima mediterrâneo tem uma ocorrência irregular da precipitação, na sua distribuição e intensidade, e a intensa evaporação, grande responsável pelo balanço hídrico negativo, ocasionam secas recorrentes. Nesse contexto, avaliou-se o índice de aridez que mostra a vulnerabilidade da região à desertificação (ENAA, 2013). Na Figura 2.6 apresenta-se o mapa das zonas de aridez para Portugal Continental. Estas zonas de aridez são obtidas através da relação entre a precipitação e a evapotranspiração potencial, para cada local para um dado período definido, que no presente caso foi o de 1980-2010. A classe das “áreas secas” definida por este índice inclui as subunidades: subhúmido

seco (entre 50% e 65%), semiárido (entre 20 e 50%) e árido (entre 5 e 20%), sendo que apenas as duas primeiras ocorrem regularmente em Portugal. E a classe das “áreas húmidas” inclui as subunidades subhúmido húmido (entre 65% e 100%) e Húmido (>100%).

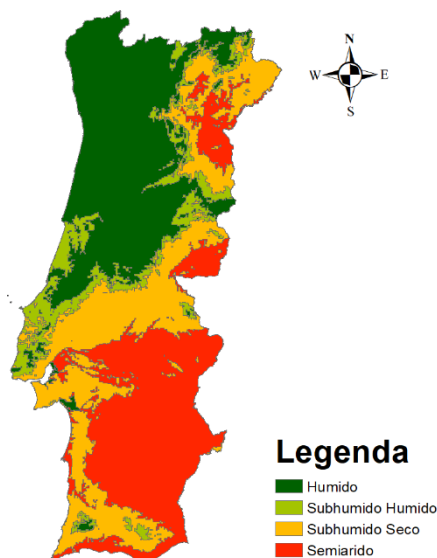


Figura 2.6 – Mapa das zonas de aridez no período de 1980-2010 (Fonte: ICNF)

### 2.2.2.2 Influência das condições climáticas na rega

As condições climáticas influenciam a eficiência da aplicação de água na rega, sendo a temperatura e a velocidade do vento os principais fatores a ter em conta. Mesmo que as tecnologias adotadas sejam adequadas para eficiências elevadas, se as condições climáticas forem desfavoráveis, a qualidade da rega pode ficar comprometida. Para os eventos de rega, em termos gerais, consideram-se como características meteorológicas adversas para a aplicação de água por aspersão: 1) temperatura máxima diária acima de 30°C (i.e., dias quentes) (Figura 2.7); e 2) a velocidade do vento acima de 3,5 - 4 m/s (i.e., ventos moderados a fortes) (Figura 2.10).

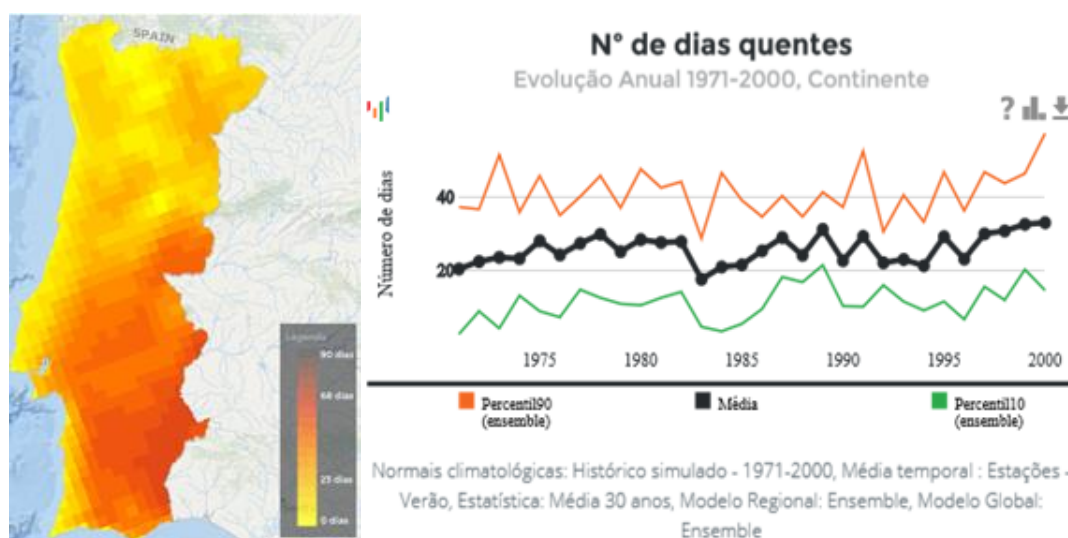


Figura 2.7 – Número de dias quentes (T > 30°C) registados durante o verão no período 1971-2000 (Fonte: Portal do Clima)



Na Figura 2.8 são apresentadas as médias das temperaturas máximas registadas numa estação meteorológica representativa da região do Ribatejo e outra da região do Alentejo.

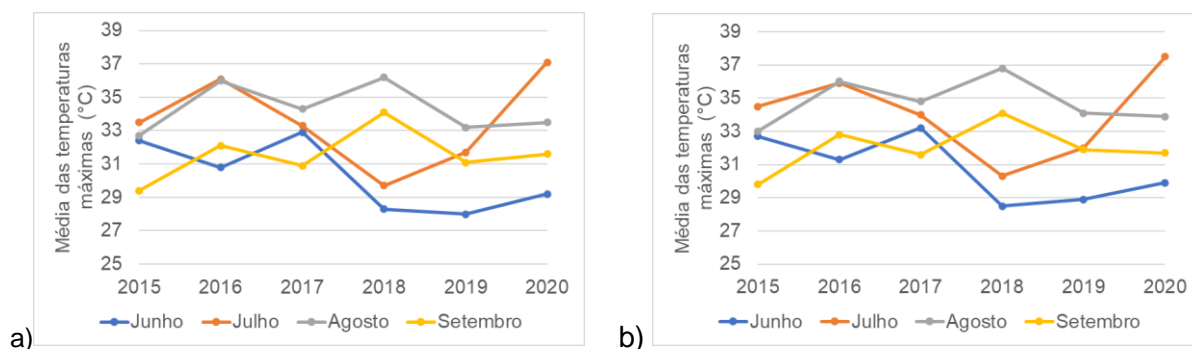


Figura 2.8 – Média das temperaturas máximas numa estação do (a) Ribatejo; (b) Alentejo

Na Figura 2.9 apresenta-se o número de dias com registo de temperaturas acima dos 30°C, nos meses de junho e julho, numa estação meteorológica representativa da região do Ribatejo e outra da região do Alentejo, no período de 2015 a 2020.

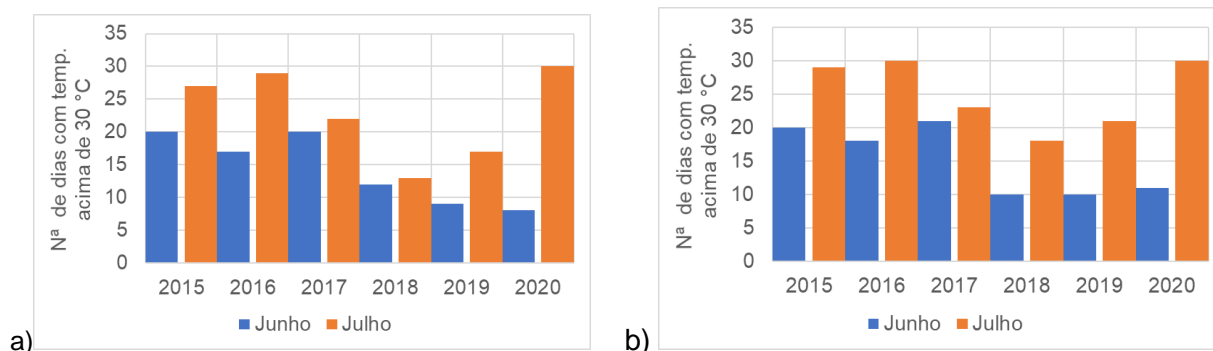


Figura 2.9 – Número de dias com registo de temperaturas superiores a 30°C numa estação do (a) Ribatejo; (b) Alentejo

Na Figura 2.10 apresenta-se o número de dias com vento moderado registados nos meses de verão, para as normais climatológicas, no período 1971-2000, do Portal do Clima.

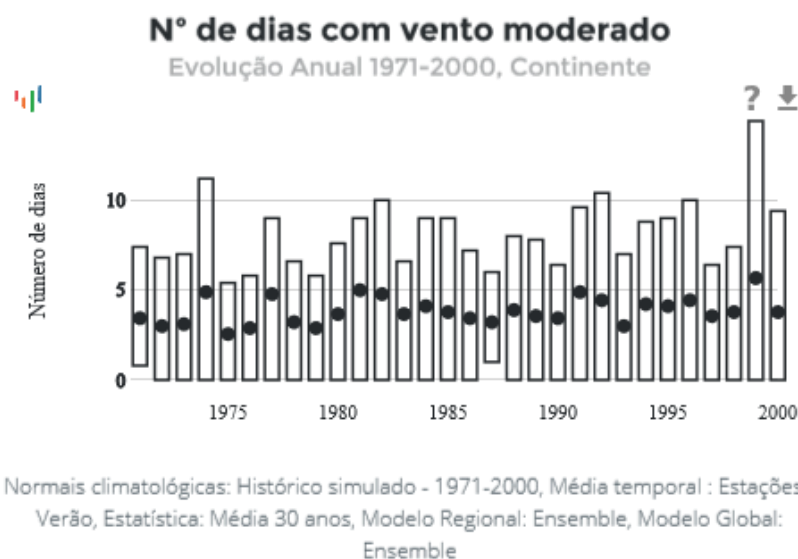
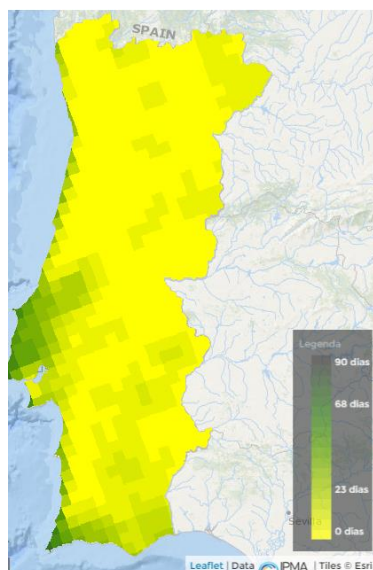


Figura 2.10 – Número de dias com vento moderado registados no verão, no período 1971-2000 (Fonte: Portal do Clima)

Na Figura 2.11 apresenta-se o número de dias com registo de velocidade do vento (VV) acima dos 3,8 m/s, nos meses de junho e julho, numa estação meteorológica representativa da região do Alentejo, no período de 2015 a 2020. Na região do Ribatejo o número de dias com registo de VV acima dos 3,8 m/s, nos meses de junho e julho, é praticamente inexistente pelo que não se apresenta

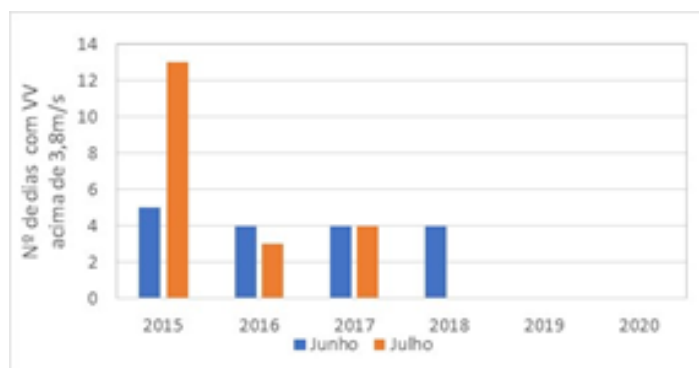


Figura 2.11 – Número de dias com registo de velocidade do vento acima dos 3,8m/s, nos meses de junho e julho, numa estação do Alentejo

## 2.2.3 Cultura

### 2.2.3.1 Necessidades hídricas

A estimativa das necessidades hídricas das culturas segue a metodologia preconizada pela FAO, para o cálculo da evapotranspiração de referência ( $ET_0$ ) pelo método de Penman-Monteith, na escolha dos coeficientes culturais ( $K_c$ ), de acordo com a duração do ciclo cultural e das quatro fases preconizadas (fase inicial, fase de desenvolvimento rápido, fase intermédia e fase final) e no cálculo da evapotranspiração cultural ( $ET_c$ ).

A determinação da evapotranspiração da cultura é normalmente feita a partir da evapotranspiração da cultura de referência afetando-a de um coeficiente – **coeficiente cultural**, ou seja (FAO, 1998):

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

Sendo:

$ET_c$  = evapotranspiração da cultura (mm)

$ET_o$  = evapotranspiração de referência (mm)

$K_c$  = coeficiente cultural (adimensional)

O coeficiente cultural basicamente representa a relação entre a evapotranspiração cultural e a evapotranspiração da cultura de referência, representando a integração do efeito conjunto de quatro características que distinguem a evapotranspiração cultural da evapotranspiração da cultura de referência: a altura da cultura, a resistência da superfície relativa à cultura-solo, o albedo da superfície cultura-solo e a evaporação do solo. No Anexo 1 apresentam-se os coeficientes culturais para algumas culturas.

A altura da cultura traduz-se em diferentes níveis de rugosidade e de resistência aerodinâmica. A resistência da superfície é afetada pela fração de solo coberto por vegetação, pelo estado e condição das folhas e pelo grau de controlo dos estomas. O albedo é influenciado pelo grau de cobertura do solo por vegetação e pelo teor de humidade do solo. O albedo da superfície solo-planta influencia a radiação líquida disponível, que é a fonte principal de energia para as trocas de calor e de massa no processo de evaporação.

As necessidades hídricas das culturas, apresentadas no presente guia (Anexo 4), resultam do balanço hídrico simplificado mensal, e consequentemente em balanço anual, entre a  $ET_c$  e a precipitação efetiva, considerando uma eficiência de aplicação por sistema de rega, permitindo a conversão em necessidades de rega. A informação de base para a determinação das necessidades hídricas das culturas é a agrometeorológica, necessária para estimar a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) baseada na temperatura do ar, humidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar global. A estes parâmetros acrescenta-se a monitorização da precipitação e estimação da precipitação efetiva pelo método USDA, de forma a fazer o balanço hídrico simplificado mensal.

Outra informação de base necessária é a caracterização das principais fases de desenvolvimento vegetativo da cultura, duração e identificação dos períodos em que a cultura é mais ou menos sensível ao stress hídrico e o consequente ajuste e correspondência aos estados fenológicos. Sendo esta informação ajustada às condições reais da região. As necessidades hídricas das culturas resultam da monitorização climática e da aplicação de fórmulas empíricas, baseadas em experimentação e metodologias internacionalmente recomendadas, não sendo baseadas em medições do estado hídrico da planta, e não refletem o tipo de solo, nem têm em conta as variações na água disponível no solo. No Anexo 1 apresenta-se a profundidade mínima e máxima efetiva do sistema radicular ( $Z$ ) na fase de maior

desenvolvimento vegetativo da cultura, como um dos parâmetros fundamentais na programação e gestão da rega.

### 2.2.3.2 Ocupação cultural

Na Figura 2.12 é representada a ocupação cultural nos regadios públicos a nível nacional, no ano de 2018. Verifica-se como culturas mais representativas: o olival (38,3%), o milho (11,6%), arroz (11,4%), pomares mistos (8,7%), hortícolas (5,3%), prados e pastagens (4,6%) e vinha (3,9%).

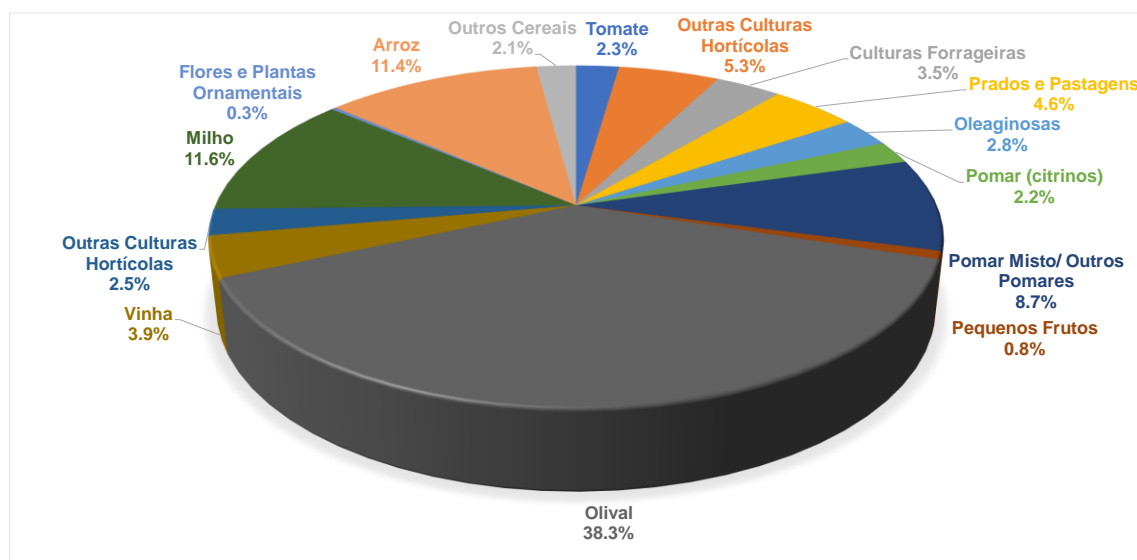


Figura 2.12 – Ocupação Cultural nos regadios públicos a nível nacional, no ano de 2018 (Adaptado de DGADR, 2019)

### 2.2.3.3 Necessidades hídricas das culturas e padrões de consumo

Na Figura 2.12 e no Anexo 4 apresentam-se as necessidades hídricas das culturas mais representativas, com exceção do arroz, no ano de 2018, para as regiões do Ribatejo e Alentejo. De forma a esquematizar e facilmente perceber o padrão de consumos praticado nas regiões em análise (Figura 2.13), são apresentados os consumos dos 5 anos para as principais culturas. Os dados são apresentados em forma de percentil, 20%, 50% e 80%, uma vez que existe uma grande variedade de consumos, ainda mais notória nas culturas que utilizam a rega com uma estratégia de complemento. Nas outras culturas que rega responde diretamente à produção, a variabilidade de consumos deve-se às condições climáticas do ano, à estratégia de rega, eficiência de rega ou pela baixa disponibilidade da água em situações de escassez.

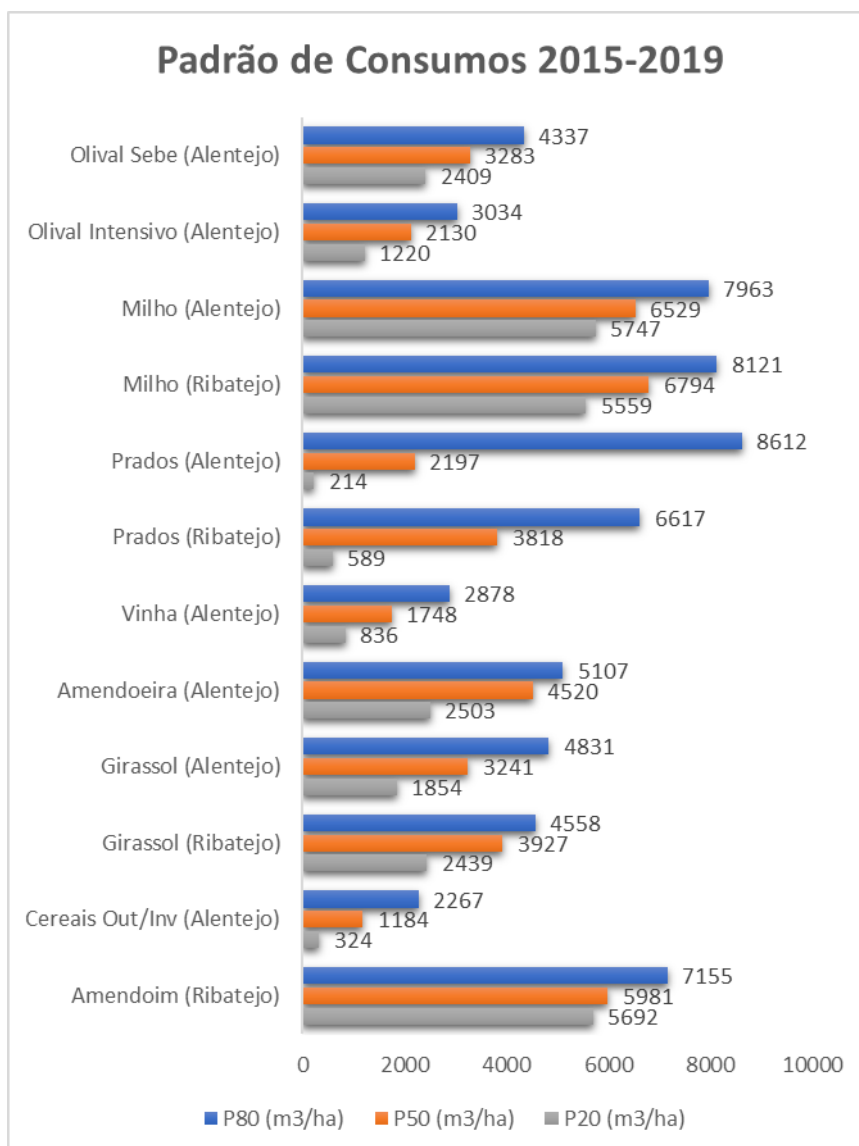


Figura 2.13 – Padrão de consumos, apresentados em percentil 20, 50 e 80, para principais culturas

No Quadro 2.1 pode-se comparar as dotações reais e estimadas, como exemplo numa exploração agrícola, na região do Alentejo, nos anos de 2016 a 2019. Pode-se verificar que em dois sistemas de rega com milho grão foram ultrapassadas até 20% as necessidades de rega máximas estimadas.

Quadro 2.1 - Consumos anuais reais e estimados numa exploração agrícola no Alentejo

Sistema de rega	Cultura	Dotações aplicadas (m <sup>3</sup> /ha)			
		2016	2017	2018	2019
Pivot 1	Sorgo	4117	4432	-	-
Pivot 2	Milho	6310	6422	-	5748
Pivot 3	Milho	6141	6305	6268	7113
Pivot 4	Milho	8122	8778	6830	7966
Pivot 5	Milho	7925	7489	8075	8831

Cultura	Necessidades de rega (m <sup>3</sup> /ha)			
	2016	2017	2018	2019
Milho (Grão)	7098	7499	6722	7815
Milho (Forragem)	4366	5541	4067	5198
Sorgo	5420	6682	5149	6348

No Quadro 2.2 pode-se comparar as dotações reais e estimadas, numa exploração agrícola da região do Ribatejo, nos anos de 2016 a 2019. Pode-se verificar não foram ultrapassadas as necessidades de rega máximas estimadas.

Quadro 2.2 - Consumos anuais reais e estimados numa exploração agrícola no Ribatejo

Sistema de rega	Cultura	Dotações aplicadas (m <sup>3</sup> /ha)			
		2016	2017	2018	2019
Pivot 1	Milho	6352	6352	-	6774
Pivot 1	Cevada	-	-	862	-
Pivot 2	Trigo	617	-	-	-
Pivot 2	Milho	-	5033	-	6148
Pivot 2	Cevada	-	-	827	-
Pivot 3	Girassol	2075	-	-	-
Pivot 3	Trigo	-	460	-	131
Pivot 3	Alho/Azevem	-	-	987	-

Cultura	Necessidades de rega (m <sup>3</sup> /ha)			
	2016	2017	2018	2019
Alhos/Azevem	2645	2057	2968	2784
Cevada	3566	1618	3855	1839
Girassol	5785	3340	5031	3324
Milho (Grão)	9915	8232	8986	7550
Sorgo	8827	6642	7677	6267
Trigo	4467	2139	4796	2814

## 2.3 Sistemas de rega

### 2.3.1 Seleção e dimensionamento

Em Portugal verifica-se uma crescente opção pelos métodos de rega sob pressão (i.e., rega por aspersão e localizada), com vantagens atribuídas de sustentabilidade ambiental e económica, nomeadamente pela automatização e economia de mão-de-obra. No entanto, os custos de investimento e de gastos de energia (sobretudo nas instalações que requerem maiores pressões de funcionamento) sejam geralmente mais elevados (Keller e Bliesner, 1990; Oliveira, 1993). De acordo com o recenseamento agrícola de 2019 (INE, 2021), a área efetivamente regada em Portugal aproxima-se dos 560.000 ha, na qual cerca de 70% reporta já a sistemas de rega sob pressão. A Federação Nacional de Regantes (FENAREG) aponta num documento de orientação para a modernização e expansão do regadio em Portugal, com horizonte temporal até 2050, metas de aumento da eficiência no uso da água e da energia pelos regantes, incluindo a reconversão de 200.000 ha para sistemas de rega sob pressão mais eficientes (FENAREG, 2019). Este mesmo documento regista um eixo de ação para a promoção de boas práticas de rega nas explorações agrícolas, que aponta para a criação de apoios para a instalação e gestão de equipamentos/tecnologias mais eficientes.

Para se obter um sistema de rega com um dimensionamento adequado, são envolvidos fatores do sistema solo-planta-clima, dos balanços/disponibilidades dos recursos hídricos e energéticos e fatores

socioeconómicos. Neste enquadramento, o sistema de rega necessita de distribuir e aplicar água de acordo com as necessidades da cultura. O regante tem diferentes opções, com vantagens e limitações, para as quais ele procurará estabelecer uma solução final num quadro equilibrado (muitas vezes de compromisso) de produtividades, eficiências e sustentabilidade.

No desenvolvimento de um projeto de rega procura-se determinar a capacidade do sistema para aplicar água no período mais desfavorável em termos de necessidades hídricas das culturas escolhidas. Nas condições climáticas do nosso país é usual que esse período crítico ocorra em julho. Essa capacidade é determinada pelo **caudal do projeto (Q)**. O cálculo pode realizar-se pela seguinte equação:

$$Q = K \frac{E_t A T}{E_a T_1}$$

Sendo:

Q = Caudal (L/s)

Et = Pico de utilização de água pelas culturas (mm/dia)

A = Área regada (ha)

T = Tempo entre regas (dias)

Ea = Eficiência de aplicação

T1 = Tempo de operação para realizar uma rega (dias);

K = Constante de conversão igual a 0,116 no sistema métrico

Deduz-se pela equação que as variáveis de tempo são determinantes para o valor do caudal do projeto. Se regarmos mais tempo ao longo do mês o caudal diminui, como acontece com aplicações de água diárias e com mais horas por dia. O impacto tem efeito económico significativo pelo investimento em estruturas mais ligeiras de diâmetros das tubagens e potência. O tempo de rega, no período crítico das necessidades da cultura, para um sistema de rega sob pressão, usualmente varia entre 50 e 90% do total de horas mensais (no caso de não existir precipitação).

Com o caudal do projeto (Q) dividido pela área (A) determinamos o **caudal específico (q)**, que é um bom indicador das opções de gestão de rega com mais ou menos tempo no período crítico. Valores entre 1 e 2 L/(s.ha) são usualmente observados (para o tempo de rega até 50% do total). Mas se reduzirmos o tempo de rega para 25% do total, já são considerados valores próximos de 4 L/(s.ha).

A **taxa de aplicação de água (TA)** deve ser determinada em função das taxas de infiltração e tem uma grande importância para o cálculo do escoamento superficial potencial/real. Na gota a gota ou aspersão fixa, é um parâmetro de dimensionamento relacionado com o débito do emissor e o compasso definido. O valor obtido para o projeto depende do diâmetro molhado (alcance da água) verificado nesses emissores e da área humedecida associada. No caso dos pivots é usual determinar a taxa de aplicação máxima, que ocorre nos últimos emissores do ramal e se pode designar **pico de precipitação (Pk)**. Este valor, que aumenta com o comprimento da instalação do projeto, também depende do diâmetro molhado, mas é independente da velocidade de rotação. A redução da pressão num sistema de rega, embora com



alguns aspetos económicos positivos, ocasiona a redução do diâmetro molhado dos emissores. Consequentemente, essa redução contribui para aumentar as taxas de aplicação e potencia as perdas de água.

- **Aspersão fixa**

$$TA = \frac{Q_{aspersor}}{A_{reg}}$$

Em que:

TA = Taxa de aplicação (mm/h);

$Q_{aspersor}$  = caudal do aspersor (l/h);

$A_{reg}$  = Área regada associada ao aspersor (m<sup>2</sup>).

- **Aspersão Móvel (Pivot)**

$$P_k = K \times \frac{Q}{L \times \frac{D_m}{2}}$$

Com:

$P_k$  = Pico – taxa de aplicação na extremidade do pivot (mm/h);

K = Constante de conversão igual a 4584, no sistema internacional de unidades;

Q = Caudal na rampa rotativa (l/s);

L = Comprimento da rampa rotativa (m);

$D_m$  = Diâmetro da área molhada dos aspersores na extremidade da rampa (m).

- **Gota-a-gota**

$$TA = \frac{\frac{Q_{gotejador}}{A_{compasso}}}{\frac{\%A_{hum}}{100}}$$

Sendo:

TA = Taxa de aplicação (mm/h);

$Q_{gotejador}$  = caudal do gotejador (l/h);

$A_{compasso}$  = Área do compasso do gotejador (m<sup>2</sup>);

$\%A_{hum}$  = percentagem de área humedecida (%).

Com base nos procedimentos para determinar o caudal e a pressão necessária (associada à altura manométrica total) no projeto, calcula-se a **potência da estação de bombagem (P)**:

$$P = \frac{0,00272 Q H}{\eta}$$



Sendo:

P = Potência (kW)

Q = Caudal do projeto (m<sup>3</sup>/h)

H = Altura manométrica total (m)

$\eta$  = Rendimento do grupo moto bomba (adimensional)

A questão da potência num sistema de rega obriga a uma análise de indicadores ambientais e económicos. Como referido, a possibilidade de reduzir a pressão tem um efeito adverso pelo aumento da taxa de aplicação de água e potencia as perdas de água por escoamento superficial. No entanto, traz aspetos económicos positivos com a redução dos custos em energia.

### 2.3.2 Gestão da rega

Práticas de gestão de rega, envolvendo o “quando” e “quanto” regar de acordo com as disponibilidades e necessidades de água, devem igualmente estar de acordo com a caracterização e condições do solo, do clima/meteorologia e da cultura, para o estabelecimento de objetivos de competitividade e sustentabilidade.

Nesta perspetiva a rega numa parcela deve ser conduzida através da construção de um **balanço hídrico (BH)**, onde se registam as entradas e saídas de água, preferencialmente numa base diária ou semanal. Mais especificamente, quantifica-se (preferencialmente em “mm”) num BH:

- 1) o teor de água no solo;
- 2) a evapotranspiração das plantas;
- 3) os eventos de rega e de precipitação;
- 4) a eficiência de rega - relacionada com as perdas de água relativas a fenómenos de infiltração, escoamentos e evaporação;
- 5) o fluxo (ascensional) de água subterrânea.

**A dotação (dose) de rega** é um parâmetro de gestão relacionado com a quantidade de água aplicada numa área, durante um período de tempo definido (evento). Usualmente, na condução da rega, essas dotações aplicam-se para que o perfil do solo, na zona radicular de uma cultura, fique com teores de água entre a CC e próximos de 50% da Capacidade utilizável (CU) – condição de conforto hídrico, quando não se ultrapassam os limites da **reserva facilmente utilizável (RFU)**. Com os valores de dotações estabelecidos, para um determinado período, procede-se então à determinação do **intervalo entre regas (IA)**, de forma que o teor de água no solo não ultrapasse os níveis de déficit permitidos. As dotações tendem a ser mais altas nos solos mais pesados. Quando se opta por dotações mais baixas, os intervalos entre regas são menores, considerando-se que as necessidades de água globais para o período em causa não se alteram, e as variações de humidade são também menores.

Para facilitar aos regantes a construção de um calendário de rega com um balanço hídrico na forma de quadro, apresenta-se, no Anexo 2, parte de um documento proposto pela DGADR (2015), designado por **Sistema de Reconhecimento de Regantes (Portaria nº 136/2015)**.

### 2.3.3 Avaliação do desempenho

O desempenho de um sistema de rega é avaliado por indicadores relacionados com a eficiência e a uniformidade da aplicação de água. Através destes conceitos pretende-se verificar a existência de perdas excessivas de água e, também, a adequação da rega às necessidades hídricas das plantas (Keller e Bliesner, 1990; Oliveira, 1993). Entre outros, podem ser utilizados os seguintes indicadores:

- Eficiência de aplicação (EA).
- Uniformidade de distribuição (UD).
- Eficiência de armazenamento (EArm).

Em termos da sua operacionalidade, um sistema de rega pode atingir níveis de classificação de desempenho muito baixos, considerando as perdas de água excessivas, relacionadas com:

- Escoamento subterrâneo (água infiltrada após perfil radicular).
- Escoamento superficial (água não infiltrada).
- Evaporação (água não consumida na evapotranspiração).
- Desvios causados pelo vento (água arrastada para fora da parcela regada).

O escoamento subterrâneo torna-se uma grave perda de água quando as dotações são muito elevadas e o solo tem pouca capacidade de armazenar água no perfil radicular (nomeadamente em solos mais arenosos e pouco profundos). As condições mais desfavoráveis para as perdas de água máximas associadas ao escoamento superficial potencial (ESP), derivam de solos com menor taxa de infiltração e de sistemas de rega com taxas de aplicação e dotações mais elevadas. No caso dos “pivots”, numa primeira avaliação do risco, considera-se o que se passa na extremidade distal, onde são observados os maiores picos nas taxas de aplicação. Em todos os outros sistemas essa avaliação realiza-se com as taxas médias de aplicação de água e de infiltração.

As perdas de água reais dependem ainda da capacidade do solo em reter parte do ESP. Ou seja, o escoamento superficial real (ESR) é determinado com base no ESP e no armazenamento superficial (AS).

O armazenamento superficial (Quadro 2.3) depende do declive e do coberto vegetal do terreno de acordo com a adaptação de uma tabela da NRCS (2005).

Quadro 2.3 – Armazenamento superficial em função do coberto vegetal e declive do terreno

Coberto vegetal	Declive do terreno		
	Baixo (< 2%)	Médio (2% a 5%)	Alto (> 5%)
Baixo (< 30%)	10	5	0
Médio (30 a 60%)	13	8	3
Alto (> 60%)	16	11	6

Na estimativa das perdas de água pelos métodos de rega por aspersão consideram-se os efeitos do vento na dispersão e, a par da temperatura, na evaporação (Quadro 2.4). Os valores podem ultrapassar os 30% em condições extremas de velocidade de vento e temperatura, mas para condições médias registam-se valores próximos dos 10% (King e Bjorneberg, 2011; Keller e Bliesner, 1990). No caso da rega gota-a-gota, as perdas devido à evaporação dependem da temperatura, pois não se verifica o efeito do vento.

Quadro 2.4 – Velocidade do vento e temperatura do ar

Variável	Baixo	Médio	Alto
Velocidade do vento (km/h)	< 5	5-14	>14
Temperatura do ar (°C)	< 20	20-30	>30

A EA, indicador de desempenho, define-se como a razão entre o volume médio de água disponível para as plantas (i.e., dotação útil para a ETc) e o volume médio aplicado na rega (i.e., dotação real).

Uma EA elevada indica perdas de água reduzidas, mas não permite considerar que o desempenho do sistema é globalmente bom (Anexo 3). Num conjunto de regas poderão existir problemas de baixa uniformidade (e.g., relativos à qualidade do projeto ou das condições de topografia e climatologia/meteorologia) e de stress hídrico no perfil de solo da zona radicular (e.g. relação com uma má gestão/condução da rega), indicados pela UD e pela EArm, mas o impacto é sobretudo na produção (Rogers *et al.*, 1997; Solomon, 1988).

### 2.3.3.1 Indicador de qualidade da rega - Uniformidade de rega

A inspeção do equipamento de rega tem como objetivo identificar eventuais problemas no sistema que possam afetar a uniformidade e, conhecendo quais as dotações reais, ajustar adequadamente o sistema de rega, apontando a uma melhor eficiência do uso da água, garantindo que todos os processos de automatização e controlo sejam eficazes.

De forma a caracterizar o estado de funcionamento dos sistemas de rega das regiões Ribatejo e Alentejo foram analisados os indicadores que permitiram caracterizar a qualidade da rega em sistemas de rega por aspersão em pivots e sistemas localizados, resultante das auditorias efetuadas ao abrigo da 7.5 – Uso Eficiente da Água de Rega.

#### *Sistemas rega por aspersão em pivots*

No caso dos sistemas de rega por aspersão, o Coeficiente de Uniformidade – CU, apresentado na Figura 2.14, alerta para uma maior necessidade de manutenção dado que se registou que 21 % dos casos apresentavam um mau CU (< 80 %) em 2019, aumento relativamente a anos anteriores, bem como houve uma redução dos sistemas com classificação de CU excelente. Estes resultados reforçam a necessidade de um acompanhamento mais frequente deste tipo de sistemas de rega para resolver possíveis fatores limitativos.

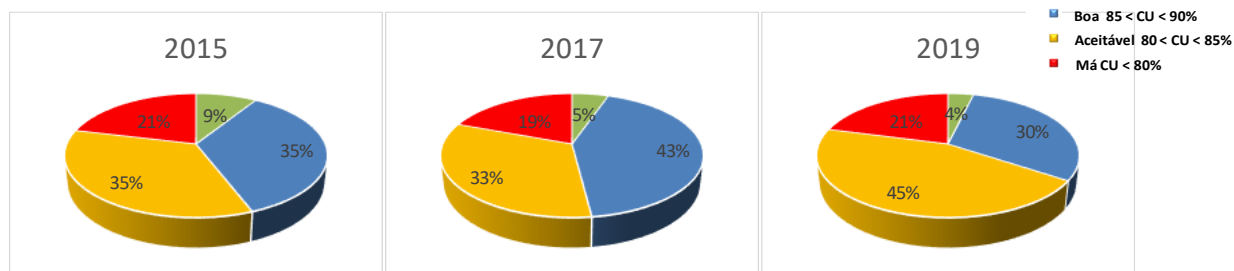


Figura 2.14 – Coeficiente de Uniformidade em sistemas de rega por aspersão em pivot

### Sistemas rega localizado

Nos sistemas de rega localizado a classificação de mau CU não tem representatividade, e que aproximadamente 90% dos sistemas tem um desempenho na aplicação da água entre bom e excelente (Figura 2.15). Verificou-se ainda um aumento dos sistemas com classificação excelente, relativamente aos anos anteriores, mesmo num ano de baixas disponibilidades de água que tem consequências na qualidade da rega e no desempenho dos sistemas de rega.



Figura 2.15 – Coeficiente de Uniformidade em sistemas de rega localizado

### 3 Metodologia para avaliação da eficiência de aplicação em parcelas agrícolas

O setor do regadio requer práticas com sustentabilidade ambiental e competitividade socioeconómica, que envolvam o incremento do uso eficiente da água, em diferentes escalas e redes de distribuição. Muitas abordagens inovadoras para apoiar essas práticas, nomeadamente as que se relacionam com as tecnologias de informação e comunicação (TIC), são presentemente inseridas e divulgadas na designada “Agricultura 4.0”. Neste sentido, ao nível da rede terciária (regante), as TIC têm facilitado diferentes processos de: 1) seleção e dimensionamento (e.g. sistemas de apoio à decisão); 2) gestão e operacionalidade da rega (e.g. controlo remoto); 3) monitorização (e.g. sensores, satélites, SIG e mapas de índice de vegetação – NDVI – Anexo 5); e 4) avaliação (e.g. metodologias de inteligência artificial).

No âmbito do projeto foi desenvolvida uma metodologia, que tem como objetivo o apoio à tomada de decisão na instalação e gestão de sistemas de rega sob pressão, pela avaliação das perdas de água através da **Eficiência de Aplicação (EA)**.

A EA depende do seguinte conjunto de variáveis (Figura 3.1):

- Tipo e características da rega (dotação, taxa de aplicação).
- Características do terreno (solo, declive e coberto vegetal).
- Fatores meteorológicos (velocidade do vento e temperatura),

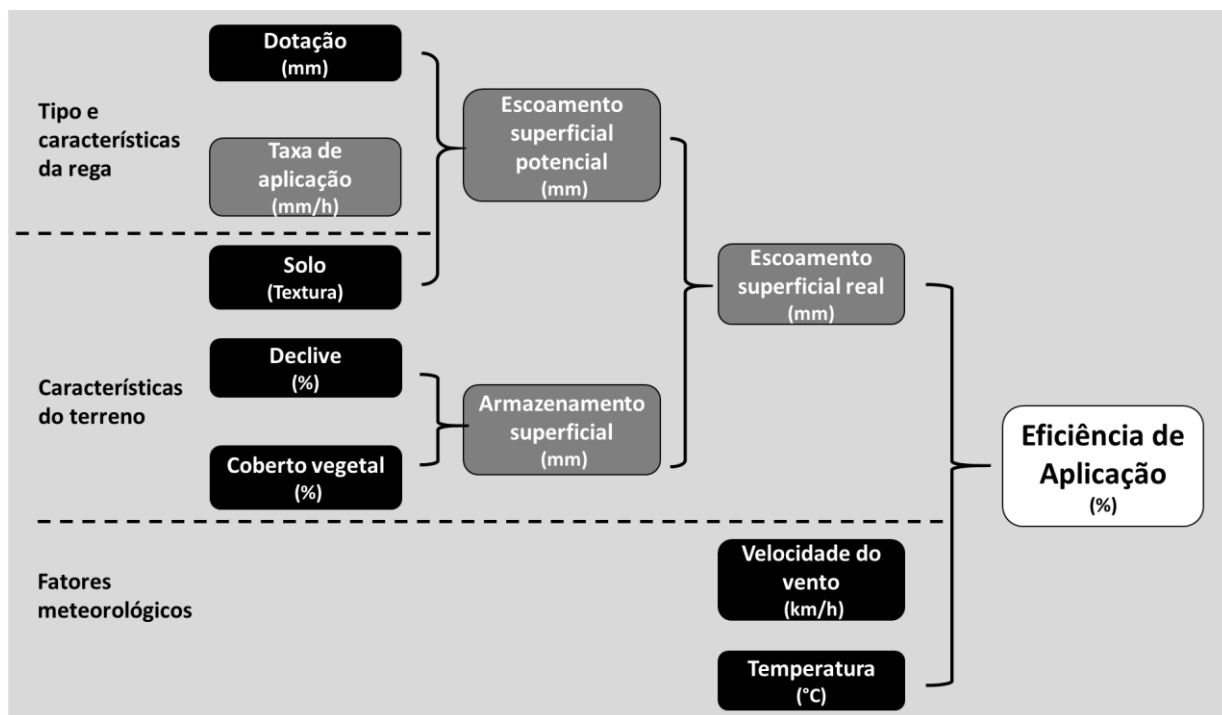


Figura 3.1 – Representação esquemática do cálculo da EA

Na Figura 3.1 as caixas de cor negra representam as variáveis a escolher pelo utilizador na plataforma enquanto as de cor cinza calculadas a partir das anteriores. As variáveis usam uma categorização qualitativa em três classes (i.e., baixo médio e alto) conforme se apresentará mais adiante.

Optou-se por simplificar o procedimento metodológico, não considerando a percolação/escoamento em profundidade. Esta ocorrência apenas terá algum peso na EA se antes da rega e no perfil do solo com raízes, as doses de água forem excessivas para a capacidade de armazenamento. Na rega sob pressão o usual é a rega ser iniciada com uma humidade do solo inferior à capacidade de campo (CC) e dentro de valores medianos da Reserva Facilmente Utilizável (RFU). Por outro lado, na gestão de rega as dotações tendem a ser baixas (inferiores a 20 mm) e a frequência alta (intervalos de rega entre 1 a 3 dias), sendo a variação da humidade do solo também reduzida. Igualmente a humidade do solo é um parâmetro não incluído, considerando-se o seu impacto pouco significativo nas condições de reduzida variação do volume de água armazenado associada à gestão de rega usual, atrás descrita, nos sistemas envolvidos.

No procedimento metodológico, o ES potencial (ESP) vai depender de três parâmetros (Luz, 2002):

- 1) Taxa de aplicação de água;
- 2) Dotação (dose) de rega;
- 3) Taxa de infiltração do solo.

1) A taxa de aplicação **depende do tipo de sistema de rega** (Quadro 3.1). **Consideraram-se três tipos de sistemas de rega sob pressão distintos, nomeadamente, Aspersão Fixa, Aspersão Móvel (Pivot) e Gota-a-gota.** Exceto nos pivots (abordagem com picos de precipitação), pretende-se que os valores das taxas de aplicação e de infiltração do solo sejam próximos, de forma a evitar-se ou minimizar-se a ocorrência de escoamento superficial.

Quadro 3.1 – Taxa de aplicação (mm/h)

Variável		Baixa	Média	Alta
Taxa de aplicação (mm/h)	Aspersão fixa e gota a gota	< 5	5-15	>15
	Aspersão Móvel (Pivot)	< 65	65-100	>100

2) Nos métodos sob pressão as dotações tendem a ser baixas (Quadro 3.2), o que é vantajoso em termos de se evitarem os escoamentos (superficiais e em profundidade) pelo efeito volumétrico (enchimento dos poros com água), mas podem levar a maiores perdas por efeito do vento e das temperaturas mais altas.

Quadro 3.2 – Dotação de rega (mm)

Variável	Baixa	Média	Alta
Dotação de rega (mm)	< 15	15-25	>25

3) **Textura do solo para TI** (Quadro 3.3). Na avaliação do escoamento superficial de um dado sistema de rega assume-se uma TI estabilizada, com equivalência à condutividade hidráulica saturada (Ks). **De**

acordo com o estudo desenvolvido por Carvalho *et al.* (2007), o escoamento superficial potencial depende da textura do solo, tendo sido consideradas na aplicação computacional os seguintes quatro tipos: Arenosa (Ligeira), Franca (Média), Argilosa (Pesada) e Crosta.

Quadro 3.3 – Textura do solo para taxa de infiltração (mm/h)

Variável	Baixo	Médio	Alto
Taxa Infiltração (mm/h) - Textura do solo (L,M,P)	<5 - L	5-20 - M	>20 - P

Combinando o tipo e características da rega com a textura do solo a classificação do **escoamento superficial potencial (ESP)** pode ser obtida com base nas matrizes apresentadas na Figura 3.2, considerando-se uma divisão em classes de acordo com uma % da dotação (dose) de rega aplicada:

- **A**, corresponde a um ESP reduzido (<15%);
- **B1**, corresponde a um ESP médio (15-30%);
- **B2**, corresponde a um ESP alto (30-45%);
- **C**, corresponde a um ESP muito alto (>45%);
- **Crosta**, corresponde a um tipo de solo um ESP de 60% da dotação.

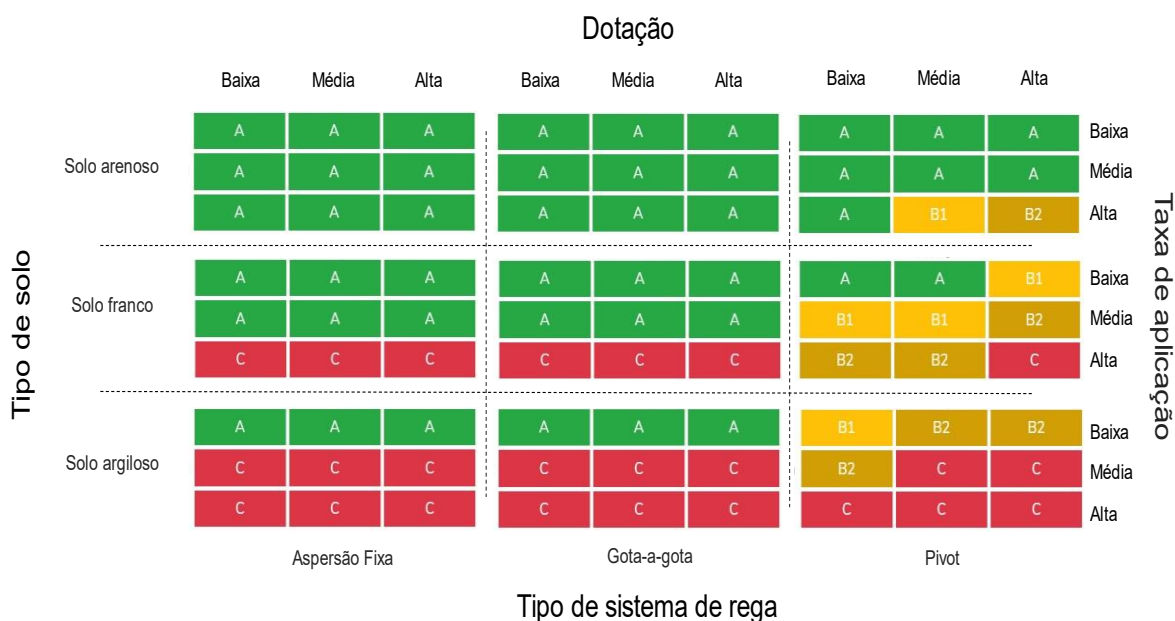


Figura 3.2 – Classificação do ESP

As condições mais desfavoráveis para as perdas de água máximas associadas ao escoamento superficial potencial (ESP), derivam de solos com menor Ks e de sistemas de rega com taxas de aplicação e dotações mais elevadas.

No caso dos “pivots”, numa primeira avaliação do risco, considera-se o que se passa na extremidade distal, onde são observados os maiores picos nas taxas de aplicação. Em todos os outros sistemas essa avaliação realiza-se com as taxas médias de aplicação de água e de infiltração.

Na gota a gota e aspersão fixa o armazenamento superficial irá depender do declive e do coberto vegetal do terreno, de acordo com o quadro 4, e o **escoamento superficial real** é obtido por pela diferença



entre o ESP e o AS. No caso dos “pivots” os quadros de ESP são calculados para a área circular exterior com os últimos emissores, de maior risco. Consequentemente, pode-se deduzir que para toda a área regada o ESP médio será inferior. Com base em simulações realizadas para diferentes solos e condições de rega, aceita-se uma redução de 1/3 no ESR inicialmente calculado (=ESP-AS) para a área circular exterior.

Com base nos valores das classes do vento e da temperatura é considerada uma redução, em pontos percentuais, da EA de acordo com o Quadro 3.4.

Quadro 3.4 – Redução da eficiência de aplicação, em percentagem (%)

Variável	Baixo	Médio	Alto
Velocidade do vento	5	10	15
Temperatura do ar	2	5	10

A eficiência de aplicação depende do escoamento superficial real e dos fatores meteorológicos, como a velocidade do vento, apenas nos sistemas de rega por aspersão fixa e móvel, e a temperatura. No caso da velocidade do vento deve-se considerar o valor médio durante o período da rega e no caso da temperatura deve-se usar a máxima diária. No caso do sistema de rega por gota-a-gota não é considerado o fator de redução por influência do vento.

A eficiência de aplicação pode ser obtida através da seguinte fórmula:

$$EA = \left(1 - \frac{ESR}{D}\right) \times 100 - V - T$$

Em que:

EA = Eficiência de aplicação (%).

ESR = Escoamento superficial real (mm).

D = Dotação (mm).

V = Vento – fator de redução (Quadro 3.4).

T = Temperatura - fator de redução (Quadro 3.4).

Os valores da EA permitem ter uma perceção da qualidade ambiental do regadio associada às perdas de água. A metodologia avalia, através de uma parametrização qualitativa, diferentes ambientes de operacionalidade dos sistemas de rega.

A metodologia apresentada foi implementada numa plataforma disponível em <https://agir.ips.pt/>, acessível mediante registo com o perfil de “Agricultor”. Na Figura 3.3 apresenta-se o aspeto geral da aplicação computacional para o cálculo da eficiência de aplicação.



## Estimar Eficiência da Aplicação de Água



Sistema de rega Aspersão Móvel (Pivot) ▾	Caudal (l/h) (m <sup>3</sup> /h) (l/s) 25	Comprimento da rampa (m) 250	Diâmetro molhado (m) 15	Taxa de Aplicação (mm/h) Baixa (61)									
Textura do solo Argilosa (Pesada) ▾	Dotação Baixa (< 15mm) ▾	Dotação											
Escoamento superficial potencial Médio (15-30%) ▾	Taxa			Declive Alto (> 5%) ▾									
	<table border="1"> <tr> <td>B1</td> <td>B2</td> <td>B2</td> </tr> <tr> <td>B2</td> <td>C</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>C</td> <td>C</td> </tr> </table>			B1	B2	B2	B2	C	C	C	C	C	Coberto vegetal Baixo (< 30%) ▾
B1	B2	B2											
B2	C	C											
C	C	C											
Vento Fraco (<5 km/h) ▾	Temperatura Baixa (<20° C) ▾	Armazenamento superficial (mm) 0 ▾											
				Eficiência de Aplicação (%) 77.7									

Cancelar Criar

Figura 3.3 – Aspeto geral da aplicação computacional para o cálculo da eficiência de aplicação

## 4 Linhas orientadoras para a melhoria do desempenho

### 4.1 Recomendações

#### 4.1.1 Dimensionamento

1) Ao nível do dimensionamento dos sistemas de rega numa exploração agrícola, o caudal específico -  $q$  (l/s/ha - caudal por unidade de área) é um excelente indicador para a verificação e a comparação de opções, que se pretendem adequadas às necessidades hídricas das culturas.

No quadro para as culturas mais tradicionalmente regadas (exceto o arroz) em Portugal, no mês de ponta/crítico (julho) observa-se que o valor de  $q$  aumenta com a ETc e com o tempo de rega. Assim, nos climas mais húmidos (ETc média próxima de 6 mm/dia), para sistemas com uma eficiência de rega de 85-90% e que operam na base de 85% do tempo (23 horas/dia durante 27 dias de julho), um  **$q$  de 1 l/s/ha** será adequado. Num outro extremo, para regiões semiáridas (ETc de 8 mm/dia), para sistemas com igual eficiência e que operam cerca de 50% das horas de julho, então o valor de  $q$  aproxima-se dos **2,5 l/s/ha**. Como exemplo, o sistema de rega numa área de 10 ha teria uma capacidade (Q) de 10 l/s ou 25 l/s, respetivamente.

Em processos de avaliação de projetos podem ser observados valores de  $q$  próximos e até inferiores a **1 l/s/ha**, em zonas semiáridas. Alerta-se, sobretudo em verões muito quentes e secos, para os riscos muito significativos de problemas de déficit hídrico, ainda que se regue 24 horas por dia.

Operação no mês de ponta		Evapotranspiração cultural (mm/dia)		
(horas/dia)	(n.º dias)	6	7	8
23	27	<b>1</b>	<b>1,15</b>	<b>1,30</b>
10	31	<b>1,85</b>	<b>2,15</b>	<b>2,45</b>

2) O número de setores de rega é independente do caudal do projeto, para a área total regada. Num projeto com um maior débito dos emissores e um menor compasso o número de setores aumenta.

Com a opção por mais setores de rega na área do projeto, a área de cada um é menor. Contudo, o caudal do sistema de rega é o mesmo e o tempo total de rega também. Consequentemente cada setor é regado em menos tempo e a taxa de aplicação de água tende a aumentar. No caso de solos de baixa infiltração, o risco de escoamento superficial deve ser equacionado para se ajustar a taxa de aplicação de água.

3) As questões relativas à pressão do sistema são muito relevantes nas diferentes propostas para um projeto de rega por aspersão. Menores pressões indicam menores custos de energia, mas potenciam problemas de escoamentos pelo aumento da taxa de precipitação (devido à redução do alcance do jato de água). No quadro observa-se a relação pressão-alcance do jato.

**Difusores  
(baixa pressão)**

até 12 metros com difusores lisos 35 a 140 kPa (5-20 psi)
12-18 metros com difusores estriados "wob" (oscilante), "spinner" (giratório) 70 a 210 kPa (10-30 psi)
12-21 metros com "rotators" (rotativo) 100 a 280 kPa (15-40 psi)

**Aspersores de impacto  
(baixa, média, alta pressão)**

18-24 metros em baixa pressão 140 a 280 kPa
27-37 metros em média pressão 280 a 380 kPa (40-55 psi)
40-50 metros em alta pressão 380 a 560 kPa (55-80 psi)

No caso dos pivots o problema será mais grave para os maiores comprimentos. No quadro indica-se a relação do comprimento com o pico de precipitação (taxa de precipitação na extremidade) e refere-se a pressão associada aos diferentes picos. Por exemplo, para condições de solo propícias ao escoamento superficial, a taxa deverá baixar, mas num pivot de maior comprimento apenas com pressões médias/altas isso é possível.

Comprimento (m)	Taxa de Precipitação (mm/h)	Pressão
<b>100-120 (Pequeno)</b>	30; 65; 100	Baixa
<b>300 (Médio)</b>	30	Média
	65; 100	Baixa
<b>400-500 (Grande)</b>	30	Alta
	65	Média
	100	Baixa

4) Outro aspeto que interessa registar relativamente aos pivots é a relação dos comprimentos com os caudais e velocidade percentual. Para um mesmo caudal unitário, um maior comprimento implica um aumento muito superior da área. Consequentemente, verifica-se um grande aumento no caudal do projeto, e implicações negativas pelo aumento do pico de precipitação. Por outro lado, para uma mesma velocidade, existe uma relação direta do tempo de rotação com a dotação. No exemplo, o pivot de menor comprimento necessita igualmente de 20 horas para aplicar 9 mm. Pode optar por duas voltas a 100%, ou uma volta a 50%.

Caudal unitário: 1,2 L/s/ha			Velocidade: 100%	
Comprimento (m)	Área (ha)	Caudal (L/s)	Tempo rotação (h)	Dotação (mm)
500	78,5	94	20	9
400	50,3	60	18	8
300	28,3	35	16	7
200	12,6	15	12	5
150	7,1	8,5	10	4,5

No projeto de dimensionamento o decisor pode ter preferência por uma instalação de alta velocidade. Consegue-se maior rapidez na velocidade a 100%, como se observa no quadro. Se o caudal unitário for o mesmo, na mesma proporção do aumento da rapidez existirá também uma redução da dotação. Por exemplo, o pivot de menor comprimento poderia aplicar apenas 2,25 mm à velocidade de 100%.

Tempo aproximado para uma velocidade a 100%

Comprimento (m)	“Pivot” standard (horas)	“Pivot” de alta velocidade (horas)
500	20	12
400	18	10
300	16	8
200	12	6
150	10	5

Nos sistemas de rega gota a gota, é necessário ter particular atenção aos parâmetros do projeto que se devem ajustar à textura do solo. No quadro identificam-se intervalos típicos de variação de quatro parâmetros e o sentido do incremento do valor em função de três agrupamentos texturais.

Textura do solo	Alcance do emissor (raio)	Caudal emissor 1 a 4 L/hora	Espaçamento 20-30 a 60-100 cm	Taxa de aplicação 3 a 30 mm/h
Ligeira	0,2 – 0,5 m	↑	↓	↑
Mediana	0,6 – 0,7 m			
Pesada	0,8 – 1,2 m			

#### 4.1.2 Gestão da Rega

1) Na elaboração do balanço hídrico recomenda-se a utilização de registos de parâmetros da cultura, do solo, da meteorologia e da rega (Anexo 1). Os dados referentes à cultura podem ser consultados no Anexo 3.

Cultura	Solo	Meteorologia	Rega
Profundidade radicular	Classes de textura	Precipitação efetiva	Dotação de rega
Fases de desenvolvimento	Coefficientes hídricos	Evapotranspiração de referência	Intervalo entre regas
Coefficientes culturais (Kc)	Humidade		Eficiência de rega

2) Em condições de **conforto hídrico**, a dotação (dose) de rega aplica-se para que o perfil do solo, na zona radicular de uma cultura, fique com teores de água entre a CC e próximos de 50% da Capacidade utilizável (CU) – variação também dependente da cultura e do seu estado de desenvolvimento. No entanto, em algumas condições de desenvolvimento cultural, solo e clima, recomenda-se a **rega deficitária** – processo de gestão da rega, em que se reduz a aplicação de água face às necessidades determinadas pela evapotranspiração da cultura. Em algumas fases de maior tolerância à falta de água,

essa redução controlada permite poupar água, incrementa a produtividade da água e não tem impacto significativo na quebra de produção. Para um determinado período, procede-se então à determinação do intervalo entre regas, de forma que o teor de água no solo não ultrapasse os níveis de déficit permitidos.

3) Em situações como dotações muito altas (acima de 30-40 mm) é necessária uma maior atenção ao teor de humidade do solo antes da rega, sobretudo se este for de textura arenosa (com reduzida capacidade utilizável) e as culturas apresentarem uma profundidade radicular inferior a 0,5 metros; os riscos de perdas de água por infiltração em profundidade são aumentados.

4) As dotações e os intervalos entre regas, tendem a ser maiores em terras argilosas, face à maior capacidade utilizável do solo; (O tempo total de rega não se altera para o sistema de rega instalado. Em termos volume de água aplicado, uma rega de 50 mm é equivalente a 10 regas de 5 mm e em ambos os casos o sistema funcionará o mesmo tempo total ao longo de uma semana.)

5) No caso da rega gota a gota é usual que a área humedecida possa representar de 2/3 até 1/3 da área total plantada. Os cortes associados, nas doses de rega, deverão variar entre 10 e 20%, sem que haja impacto na produção.

6) Os regantes podem utilizar diversos procedimentos de apoio à condução da rega, a par da informação visual e tátil, como as sondas de humidade do solo. Existem ainda ferramentas informáticas para programar e acompanhar as campanhas de rega, como os mapas de desenvolvimento cultural (NDVI) (Anexo 5).

### 4.1.3 Avaliação do desempenho

A utilização da ferramenta informática do AGIR é aconselhada, permitindo uma avaliação da eficiência de rega (perdas de água) de um sistema de rega sob pressão, a partir de dados de campo e/ou informação a recolher (para a qual se sugerem algumas fontes de apoio). São recomendados os seguintes passos:

1) Identificação do sistema solo-planta-clima local recorrendo a apoios de bibliografia e na Internet:

**Manuais da FAO** (24, 33, 56 e outros) – informação cultural

**INFOSOLO** - caracterização dos solos;

**PORTAL DO CLIMA e IPMA** – caracterização do clima e dos eventos meteorológicos

2) Caracterização do desenvolvimento superficial da cultura

3) Caracterização do sistema de rega. Catálogos das instalações e de dados/registos do funcionamento

4) Identificação das dotações (doses) de rega. Confirmar a sua adequação ao sistema solo-planta-clima

No quadro apresentam-se, em síntese, as diferentes variáveis requeridas e o enquadramento dos resultados de eficiência de aplicação, para uma classificação qualitativa (nível baixo, médio e alto).

Variável	Baixo	Médio	Alto	
Taxa Infiltração (mm/h) - Textura do solo	<5 (Pes)	5-20 (Med)	>20 (Lig)	
Declive do terreno (%)	<2	2-5	>5	
Velocidade do vento (km/h)	< 5	5-14	>14	
Temperatura do ar (°C)	< 20	20-30	>30	
Coberto vegetal (%)	< 30	30-60	>60	
Taxa de aplicação (mm/h)	Aspersão fixa	< 5	5-15	>15
	Aspersão Móvel (Pivot)	< 65	65-100	>100
	Gota-a-gota	< 5	5-15	>15
Dotação de rega (mm)	< 15	15-25	>25	
<b>Eficiência de Aplicação (%)</b>	<b>&lt;70</b>	<b>70-80</b>	<b>&gt;80</b>	

Obs: Como caso especial, com formação de crosta superficial a taxa de infiltração do solo não está identificada

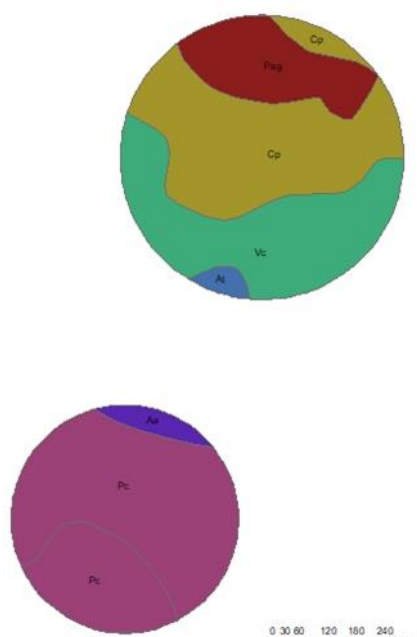
## 4.2 Auditorias aos sistemas de rega nas explorações piloto

A eficiência do uso da água, que se pretende que seja a mais elevada possível ao nível da exploração agrícola, já que todo o gasto supérfluo representa um custo económico e ambiental acrescido para o regante, deve ser aferida através do conhecimento da uniformidade de aplicação da água. A uniformidade de aplicação tem a ver como a água chega a todas as plantas que se pretendem regar. O que qualquer sistema de rega deve garantir é que a maior área possível receba a mesma quantidade de água.

A eficiência e a uniformidade da água de rega são os indicadores que o gestor da rega usa para controlar a eficácia da gestão da rega. Por forma a avaliar o bom funcionamento do sistema, o regante deverá realizar uma inspeção ao seu equipamento de rega. Esta inspeção tem como objetivo identificar eventuais problemas no sistema que possam afetar a uniformidade e conhecer quais as dotações reais, de modo a ajustar adequadamente o sistema de rega, apontando a uma melhor eficiência.

As auditorias aos sistemas de rega numa exploração agrícola na região do Ribatejo realizaram-se no dia 29/03/2019. O dia foi caracterizado pela temperatura máxima de 23,9 °C e a velocidade média do vento de 0,5 m/s.

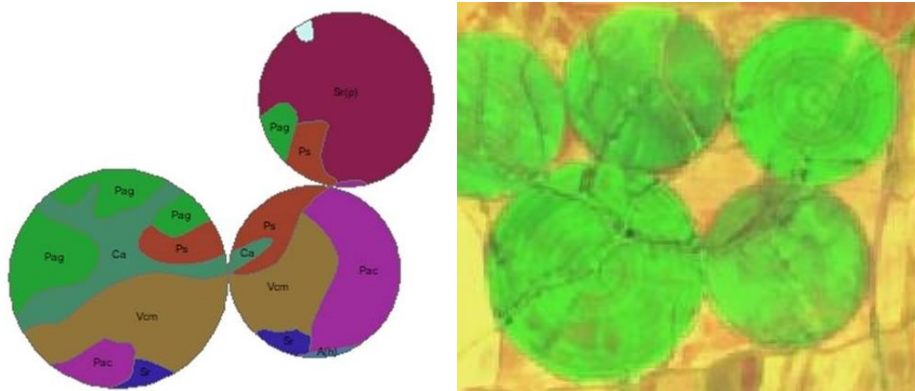
	Pivot1	Pivot2
Area (ha)	28,33	20,55
Caudal entrada (m3/h)	148	106
Caudal unitário (l/s/ha)	1,46	1,76
Reguladores Pressão (PSI)	15	15
Pressão antes do regulador (bar)	3,5	3,2
Pressão no final (bar)	1,0	1,0
Coefficiente de uniformidade (%)	84,3	84,1
Classificação	aceitável	aceitável



As auditorias aos sistemas de rega numa exploração agrícola na região do Alentejo nos pivots 1, 2 e 4, realizaram-se nos dias 30/10/2015, 12/11/2015 e 11/09/2015. O dia 30/10/2015 foi caracterizado pela temperatura máxima de 21,0 °C e a velocidade média do vento de 3,3 m/s, o dia 12/11/2015 foi caracterizado pela temperatura máxima de 25,7°C e a velocidade média do vento de 0,8 m/s e o dia 11/09/2015 foi caracterizado pela temperatura máxima de 30,4°C e a velocidade média do vento de 2,6 m/s.

	Pivot1	Pivot2	Pivot4
Area (ha)	33,58	33,58	57,52
Caudal entrada (m3/h)	154	94	175
Caudal unitário (l/s/ha)	1,27	0,78	0,85
Reguladores Pressão (Psi)	15	10	15
Pressão antes do regulador (bar)	1,6	2,0	2,6
Pressão no final (bar)	1,0	0,7	1,0
Coefficiente de uniformidade (%)	79,40	81,51	78,28
Classificação	má	aceitável	má





Na Figura 4.1 apresenta-se um esquema geral da instalação de equipamentos para medição do caudal.



Figura 4.1 – Esquema geral da instalação de equipamentos para medição do caudal

Em seguida apresentam-se alguns aspetos que se consideram importantes a incluir no plano de manutenção de um sistema de rega. Para a aplicação de um programa de manutenção de um sistema de rega, torna-se necessário que, em primeiro lugar, o gestor tenha um conhecimento do projeto, das suas diversas componentes, da forma como está instalado e do seu esquema de funcionamento.

#### 4.2.1 Grupo de bombagem

Os problemas operacionais relacionados com o funcionamento das bombas ocorrem de tempos a tempos, e sempre durante o funcionamento das mesmas, nunca quando estão paradas, pelo que é importante fazer uma inspeção visual regular.

No início de cada campanha de rega deve-se verificar o seu correto funcionamento - ao nível hidráulico, elétrico e mecânico (Figura 4.2).

Ao nível hidráulico, deve-se verificar o ponto de funcionamento do grupo, ou seja, se o valor do caudal e da pressão está de acordo com o que foi projetado. Uma medição que se poderá fazer é a leitura da pressão a caudal zero, isto é, medição da pressão com a válvula de seccionamento do grupo completamente fechada, e compará-la com o valor teórico da curva característica da bomba.



No que se refere ao funcionamento elétrico deve-se medir o consumo dos motores e compará-los com os seus valores homólogos de catálogo.

Deve-se também verificar o funcionamento mecânico do grupo de bombagem. Dever-se-á ainda verificar o alinhamento do grupo, bem como as vibrações e a lubrificação.

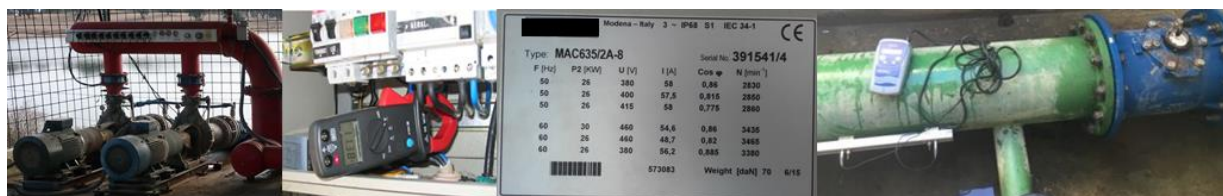


Figura 4.2 – Medição do consumo dos motores e do caudal

## 4.2.2 Filtragem

A filtragem deverá ser periodicamente limpa manualmente, mesmo em sistemas automáticos. Nos filtros de malha ou anéis, estes elementos filtrantes deverão ser retirados e limpos por um jato de água em pressão ou colocados numa solução química adequada à limpeza (Figura 4.3). Nos filtros de areia, esta deverá ser substituída anual ou bianualmente, dependendo da qualidade da água. Após a limpeza de qualquer filtro a sua perda de carga (diferencial de pressão entre montante e jusante) deverá baixar para o nível definido no seu dimensionamento.



Figura 4.3 – Controlo da pressão no sistema de filtragem e manutenção

## 4.2.3 Sistema de fertirrega – Bombas doseadoras

As bombas doseadoras deverão ser lubrificadas de acordo com as recomendações do fabricante. O circuito do sistema de fertirrega deverá ser limpo, com água limpa após cada utilização, assim como os filtros instalados neste circuito. Relativamente à bomba principal dever-se-á monitorizar o seu consumo, a pressão de saída e o caudal. Para isso, deve-se controlar o volume injetado num determinado tempo à pressão de funcionamento e verificar se está de acordo com o valor selecionado.

## 4.2.4. Controlo da pressão e caudal do sistema

Um dos aspetos principais no controlo do correto funcionamento do sistema de rega é a monitorização da pressão e dos caudais (Figura 4.4). Regularmente, devem confirmar-se estes parâmetros do sistema nos diversos pontos de controlo, de acordo com a informação de projeto. Os pontos de verificação de

pressões situam-se na bombagem, sistema de filtragem, cabeçais de válvulas e outros locais estratégicos definidos no projeto. Também no final dos laterais de rega, nos locais mais desfavoráveis, deverá ser confirmada a pressão.



Figura 4.4 – Controlo da pressão, fugas e caudal

#### 4.2.5. Limpeza e purga da rede de rega

Com o tempo, e dependendo da qualidade da água, pode ser necessário efetuar purgas durante a campanha, visto que o material em suspensão terá tendência a sedimentar-se e acumular-se nas paredes das tubagens (Figura 4.5).

No final da campanha de rega será conveniente purgar o sistema de rega, para que não se depositem sólidos em suspensão no interior das condutas. Na rega localizada o entupimento dos emissores, é uma das principais causas do seu deficiente funcionamento, que pode ser provocado por fatores físicos, químicos ou biológicos.

De acordo com a experiência do Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio (COTR), as principais causas de entupimentos de natureza química estão associadas à presença precipitados de cálcio e de ferro (menos frequente). Para a primeira causa o tratamento passa pela adição de um ácido (nítrico, fosfórico, clorídrico ou sulfúrico) à água de rega, tendo em conta as suas características. Para o risco de precipitados de ferro deve-se evitar que estes se formem dentro das tubagens, provocando a formação de sais insolúveis antes da passagem da água pelos filtros, com a oxigenação da água, adição de floculantes ou clorando a água. Já para prevenir os problemas de natureza biológica deve-se efetuar tratamentos com hipoclorito de sódio, ou permanganato de potássio.

Por último referir que sempre que se efetue um tratamento é conveniente uso de máscaras e roupa apropriada.



Figura 4.5 – Limpeza e purga da rede de rega

#### 4.2.6. Programação do plano de manutenção dos sistemas de rega

A programação de execução do plano de manutenção depende do sistema de rega (dimensão e complexidade), da frequência com que ele é utilizado e do tipo de culturas a regar. As ações de manutenção terão sempre de ser feitas de acordo com as especificações técnicas dos sistemas de rega e do fabricante.

As manutenções preventivas garantem o aumento da vida útil dos equipamentos e contribuem para o sucesso da exploração.

### 4.3 Considerações finais

As questões técnicas, ambientais e económicas terão de ser equacionadas com soluções de equilíbrio (*trade-offs*) no processo de decisão. Considerando-se, nomeadamente:

- 1) O risco de falta de água nos períodos mais quentes e secos nos sistemas de rega com caudais específicos inferiores aos requeridos;
- 2) O problema dos maiores caudais específicos, que previnem riscos de falta de água, envolverem maiores custos de investimento e tendencialmente maiores problemas de escoamento superficial/erosão;
- 3) A capacidade de gerir a rega com um maior armazenamento de água no solo (sobretudo em solos mais argilosos com uma capacidade utilizável cerca de 3-4 vezes a dos solos arenosos), o que permite a redução do caudal do projeto;
- 4) A possibilidade de regar a horas em que o custo de energia é menor;
- 5) A capacidade de melhorar a condução da rega com procedimentos de monitorização e controle remoto;
- 6) A redução das pressões permite diminuir os custos de energia, mas, com ênfase nos “pivots”, potenciam problemas de escoamento superficial;
- 7) Na rega por aspersão, deve-se evitar regar em períodos de vento forte (superior a 3,5 - 4 m/s) e temperatura alta (> 30° C). As dotações mais baixas aumentam os riscos.
- 8) A Sustentabilidade - Avaliação dos riscos de perdas e danos ambientais (água, solo, habitats). Adaptabilidade da cultura perante tendências de falta ou excesso de água e da sua qualidade. Soluções para condições pedoclimáticas que possam ocasionar problemas tais como, excesso de evaporação, encharcamentos, escoamentos, erosão e compactação do solo. A rega eficiente é fundamental para reduzir a aplicação de água, sobretudo em situações de escassez hídrica, nas quais as disponibilidades de água, da precipitação e do armazenamento de superfície e/ou subterrâneo, são insuficientes para as necessidades da área cultivada programada. O método gota a gota é o mais eficiente (EA até 90-95%).

- 9) A Competitividade - Produção com viabilidade económica face ao impacto do custo dos investimentos, da água, da energia e da mão de obra. Redução de desperdícios e despesas excessivas pela seleção de projetos bem dimensionados (p. ex. caudais, pressões, tubagens/sulcos, bombas de água) e com uma gestão de rega adequada à evolução do ciclo cultural.

## Referências bibliográficas

- CIHEAM. 2011. Dialogues on Mediterranean Water Challenges: Rational water use, water price versus value and lessons learned from the European Water Framework Directive. Série A Séminaires Méditerranéens, N° A 98, Options Méditerranéennes. Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes. Bari. 196 pp.
- Carvalho, N. S., P. B. Luz; J. C. Martins; M. C. Gonçalves; F. P. Pires; T. B. Ramos; I. Oliveira & F. Nunes, 2007. Planeamento agrícola num contexto de objectivos múltiplos de natureza económica e ambiental. Relatório final do projecto PEDIZA 1462.1 EAN/INIA-COTR. Oeiras.
- Danny et al. 1997. Efficiencies and water losses of irrigation systems. Irrigation Management series. Kansas State University.
- Decreto-Lei n.º 76/2016 de 9 de novembro - Plano Nacional da Água.
- DGADR. 2014. Estratégia para o regadio público 2014-2020. Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. Lisboa. 58 pp.
- DGADR. 2015. Sistema de Reconhecimento de Regantes. Direção Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. Lisboa.
- Dukes, M., M. Haley, S. Hanks. 2006. Sprinkler Irrigation and Soil Moisture Uniformity. Paper presented at the 27th Annual International Irrigation Show. November 5-7, 2006. San Antonio, TX.
- EEA. 2017. Climate change, impacts and vulnerability in Europe. An indicator-based report. Report No 1. Denmark. 424 pp.
- ENAAC. 2013. Estratégia de Adaptação da Agricultura e das Florestas às Alterações Climáticas. Ministério da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território Portugal Continental.
- FAO. 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56.
- FAO. 2014. The Water-Energy-Food Nexus. A new approach in support of food security and sustainable agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. 28 pp.
- FAO. 2019. Handbook on climate information for farming communities – What farmers need and what is available. Rome. 184 pp.
- FENAREG. 2017. Regadio: binómio água e energia, Revista Recursos Hídricos, Vol. 38, N° 2, 17-23, DOI 10.5894/rh38n2-d2.
- FENAREG. 2019. Contributo para uma estratégia nacional para o regadio, Federação Nacional de regantes de Portugal, disponível em: <http://www.fenareg.pt/fenareg-contributo-para-o-desenvolvimento-de-uma-estrategia-nacional-para-o-regadio-2050/>, 130 pp.
- Hoff, H. 2011. Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm, Sweden: Stockholm. Environment Institute (SEI).



INE. 2021. Recenseamento Agrícola 2019. Edição 2021. Instituto Nacional de Estatística, ISSN 0870-8916, disponível em:

[https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_publicacoes&PUBLICACOESpub\\_boui=437178558&PUBLICACOESmodo=2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=437178558&PUBLICACOESmodo=2), acedido em julho de 2021.

Keller, J. e Bliesner, R. 1990. Sprinkle and Trickle irrigation. Ed. Van Nostrand Reinhold. AVI Book. New York.

Luz, P. B. 2002. Sistematização da informação para apoio ao regadio no âmbito agroambiental. Avaliação do risco de escoamento superficial em rampas rotativas. In: Actas do 6º Congresso da água. 18-22 de março. APRH. Porto

Luz, P. B. 2013. Guia para a avaliação e seleção de sistemas de rega. Programa de Investigação e Formação Pós-Graduada. INIAV, Oeiras.

MAOTE. 2015. Compromisso para o Crescimento Verde. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. (CCV - [www.crescimentoverde.gov.pt](http://www.crescimentoverde.gov.pt)).

NRCS. 2005. National Irrigation Guide. Part 652: Nebraska Amendment. 210-VI-NEH-IG, Amend NE4. Washington, D.C.: USDA National Resources Conservation Service. Available at: [http://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/NE/NE\\_Irrig\\_Guide\\_Index.pdf](http://efotg.sc.egov.usda.gov/references/public/NE/NE_Irrig_Guide_Index.pdf).

OECD. 1999. Environmental indicators for agriculture the York workshop. Volume 2, Issues and Design. Paris. 216 pp.

OECD. 2014. New Perspectives on the Water-Energy-Food Nexus. Global Forum on Environment. 27-28 November 2014 – OECD Headquarters. Paris

Oliveira, I. 1993. Técnicas de regadio. Tomos I e II. Instituto de Estruturas Agrárias e Desenvolvimento Rural. Lisboa

Martin, D.L., W. L. Kranz, A. L. Thompson, H. Liang. 2012. Selecting sprinkler packages for center pivots. Transactions of the ASABE Vol. 55(2): 513-523

Pereira, L.S. (Coord.). 2002. Diagnóstico dos sistemas de rega em pressão. Relatório final do projecto PEDIZA 1999.64.006326.1. DER-ISA-UTL. Lisboa.

Rogers, D. et al. 1997. Efficiencies and water losses of irrigation systems. Irrigation and management series. Kansas State University. (IW2)

Solomon, K. 1988. Irrigation systems and water application efficiencies. Center for irrigation technology. California State University. (CP10)

**ANEXOS**

## ANEXO 1

**Quadro A2.1 – Profundidade mínima e máxima efetiva do sistema radicular (adaptado da FAO 56)**

Cultura	Cereais Out/inv	Batata	Hortícolas peq.	Cebola	Cevada	Citrinos	Colza	Diospiro	Ervilha	Fava	Girassol	Grão de Bico	Luzerna
Zmin (m)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8	0,2	0,8	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Zmax (m)	0,6	0,6	0,4	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6
Cultura	Tomate/Pimento	Melão	Milho	Sorgo	Melancia	Morango	Nespereira	Nogueiras	Olival	Pomodeas	Prados	Prunoideas	Vinha
Zmin (m)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,8	1,5	0,7	0,8	0,2	0,8	1,0
Zmax (m)	0,6	0,6	0,8	0,6	0,6	0,3	0,8	1,5	0,7	0,8	0,6	0,8	1,0

**Quadro A2.2 – Coeficiente Cultural - Kc (adaptado da FAO 56)**

Cultura	Cereais Out/inv	Batata	Hortícolas peq.	Cebola	Cevada	Citrinos	Colza	Diospiro	Ervilha	Fava	Girassol	Grão de Bico	Luzerna
Kc Inicial	0,70	0,60	0,70	0,70	0,70	0,65	0,35	0,20	0,50	0,50	0,35	0,40	0,40
Kc Intermédia	1,15	1,15	1,05	1,05	1,10	0,60	1,10	1,00	1,15	1,15	1,15	1,00	1,20
Kc Final	0,25	0,70	0,95	0,75	0,25	0,65	0,35	0,50	1,10	1,10	0,35	0,35	1,15
Cultura	Tomate/Pimento	Melão	Milho	Sorgo	Melancia	Morango	Nespereira	Nogueiras	Olival*	Pomodeas	Prados	Prunoideas	Vinha p/ vinho
Kc Inicial	0,60	0,50	0,70	0,70	0,40	0,40	0,55	0,50	0,65	0,60	0,85	0,55	0,15
Kc Intermédia	1,15	1,05	1,20	1,10	1,00	0,85	0,90	1,10	0,45	0,95	0,85	0,90	0,35
Kc Final	0,90	0,75	0,35	0,55	0,75	0,75	0,65	0,65	0,65	0,75	0,85	0,65	0,23

\*olival adulto com copa a cobrir cerca de 40 a 60% da superfície do solo.

**Quadro A2.3 – Déficit de Gestão Permissível - DGP (adaptado da FAO 56)**

Cultura	Cereais Out/inv	Batata	Hortícolas peq.	Cebola	Cevada	Citrinos	Colza	Diospiro	Ervilha	Fava	Girassol	Grão de Bico	Luzerna
DGP (%)	55	35	40	30	55	50	50	50	40	50	50	50	55
Cultura	Tomate/Pimento	Melão	Milho	Sorgo	Melancia	Morango	Nespereira	Nogueiras	Olival	Pomodeas	Prados	Prunoideas	Vinha
DGP (%)	50	40	55	55	40	20	50	50	65	50	60	50	60

### Exemplo de utilização da informação dos quadros para o BH:

#### **Solo de Textura Arenosa (Figura 2.4)**

CC – 15% (vol.) = 150 mm/m; PE – 7% (vol.) = 70 mm/m

Cap. Utilizável – 8% (vol.) = 80 mm por metro de profundidade

#### **Profundidade Radicular - 0,6 metros (Quadro A2.1)**

CC (15%) = 90 mm; PE (7%) = 42 mm

Cap. Utilizável = 80 x 0,6 = 48 mm

#### **Déficit de Gestão Permissível = 0,4 (Quadro A2.3)**

RFU = 48 x 0,4 = 19,2 mm

Teor Crítico = Fim da RFU que corresponde a 70, 8 mm (CC - RFU = 90 – 19,2).

#### **ET<sub>o</sub> = 5 mm/dia (Portal do clima)**

#### **K<sub>c</sub> = 1,2 (Quadro A2.2)**

ET<sub>c</sub> = ET<sub>o</sub> x K<sub>c</sub>

ET<sub>c</sub> = 5 mm/dia x 1,2 = 6 mm/dia



**IR - Intervalo entre regas (opção de gestão) – 2 dias**

**DU – Dotação útil = IR x ETc**

DU = 2 x 6 mm/dia = 12 mm

**ER – Eficiência de Rega = 80%**

**Dotação real aplicada (DR) = DU / ER**

DR = 12 / 0,8 = 15 mm

1. Com base nos dados da textura e da profundidade radicular, o solo à capacidade de campo (15%) tem 90 mm.
2. O teor de água do solo não deve descer abaixo dos 70,8 mm, ou seja uma humidade (volúmica) de 11,8%.
3. Considere-se que após a rega, em termos médios, a humidade atingia os 14%. Este valor corresponde a 84 mm no perfil de solo e após dois dias com ETc de 6 mm, a humidade desce para 72 mm (84 – 12). Se, nesta fase, o IR for de dois dias e a DU de 12 mm (DR=15 mm), não há stress hídrico.

## ANEXO 2

### Sistema de Reconhecimento de Regantes - Portaria nº 136/2015 (DGADR, 2015). Artigo 8.º

Calendário de rega

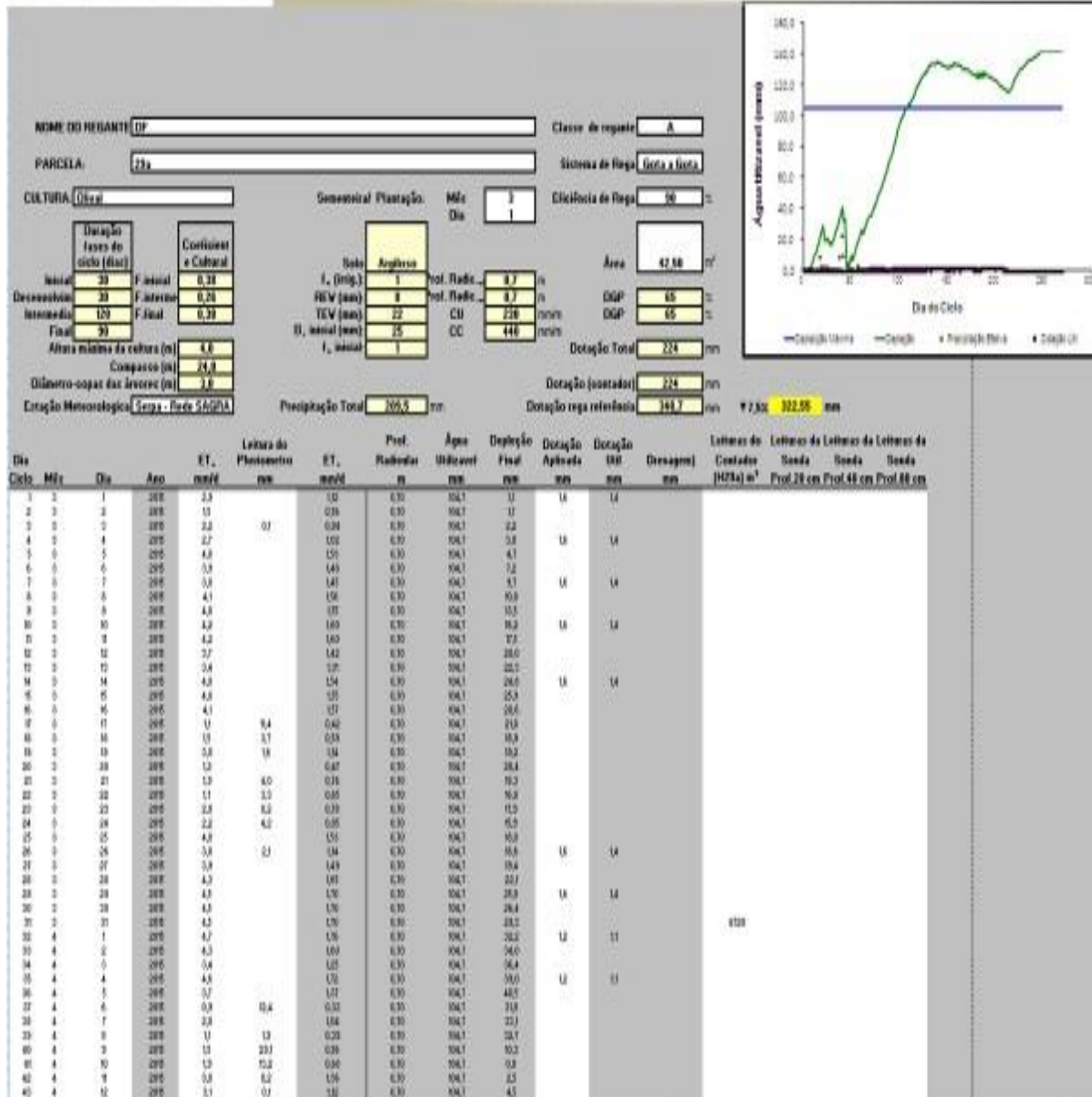
1 – O calendário de rega deverá conter, no mínimo, a seguinte informação:

- Nome do regante, designação da parcela, classe pretendida, área da parcela regada e cultura instalada;
- Constantes hídricas do solo estimadas ou medidas (capacidade de campo, ponto de emurchecimento, reserva facilmente utilizável);
- Datas de sementeira ou plantação, no caso de culturas temporárias;
- Indicação da origem dos dados meteorológicos utilizados (evapotranspiração de referência e precipitação);
- Valor da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), do coeficiente cultural (K<sub>c</sub>) e da evapotranspiração cultural (ET<sub>c</sub>); Obs: ET<sub>c</sub> = ET<sub>o</sub> x K<sub>c</sub>
- Leitura do pluviómetro;
- Teor de humidade do solo, antes e depois de cada rega;
- Leituras dos tensiómetros, das sondas ou dos sensores, no caso dos regantes de Classe A;
- Leitura do contador ou estimativa dos volumes utilizados e sua conversão na dose de rega aplicada.  
Obs: 1 mm = 1 L/m<sup>2</sup> = 10 m<sup>3</sup>/ha

2 – O calendário de rega deverá ser preenchido com uma periodicidade mínima semanal.

SISTEMA DE RECONHECIMENTO DE REGANTES														
NOME DO REGANTE:					REGANTE DE CLASSE									
CAPACIDADE DE CAMPO: m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		PARCELA N.º			CULTURA		ÁREA ha							
RESERVA FACILMENTE UTILIZÁVEL: m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>														
CALENDÁRIO DE REGA				EFICIÊNCIA DE REGA:		MÊS: JUNHO		SEMANA N.º: 23 / 2015						
DATA	SEG	1 JUN	TER	2 JUN	QUA	3 JUN	QUI	4 JUN	SEX	5 JUN	SAB	6 JUN	DOM	7 JUN
DIA DO CICLO VEGETATIVO														
PROFUNDIDADE RADICULAR (m)														
CAPACIDADE DE CAMPO (mm)														
TEOR CRÍTICO CULTURAL (mm)														
TEOR DE ÁGUA DO SOLO - INÍCIO (mm)														
ET <sub>o</sub> (mm)														
K <sub>c</sub>														
ET <sub>c</sub> (mm)														
PRECIPITAÇÃO TOTAL (mm)														
VARIACÃO DA ÁGUA NO SOLO (mm)														
TEOR DE ÁGUA DO SOLO - SEM REGA (mm)														
LEITURA DA Sonda (% ou kPa)														
LEITURA DA Sonda (mm)														
FOLGA PARA PRÓXIMA REGA (mm)														
REGA - LEITURA DO CONTADOR NO FINAL (m <sup>3</sup> )														
REGA - DOSE TOTAL APLICADA (mm)														
REGA - DOSE ÚTIL (mm)														
TEOR DE ÁGUA DO SOLO - APÓS REGA (mm)														
PERDA DE ÁGUA (CHUVA OU REGA EXCESSIVA)														

## Calendário de Rega (7.5) Uso Eficiente da Água

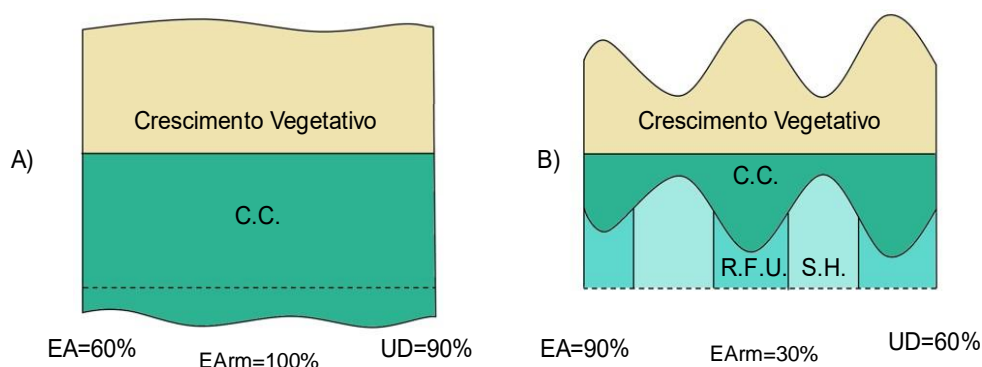


## ANEXO 3

### Representação teórica

#### Condições opostas de uniformidade (UD) e eficiências (EA e Earm)

#### Perfis de solo + curvas de crescimento vegetativo



<p><u>REGA - Perfil do solo (pós infiltração da água)</u></p> <p>---- - Limite da Profundidade radicular</p> <p><b>C.C.</b> - Capacidade de Campo após saturação</p> <p><b>R.F.U.</b> - Solo com teor de água na Reserva Facilmente Utilizável (Plantas em áreas de conforto hídrico)</p> <p><b>S.H.</b> - Solo com teor de água abaixo da R.F.U. (Plantas em áreas de Stress Hídrico)</p>		<p>Saturação   Capacidade Utilizável</p> <p>Reserva Facilmente Utilizável   Stress Hídrico</p> <p>Capacidade de Campo   Teor Crítico Cultural   Ponto Emurchecim</p>
<p><u>REGA - Perdas de água (% da aplicação)</u></p>		
	<b>A)</b>	<b>B)</b>
Evaporação e Arrastamento	20 %	10%
Escoamento Superficial	Nulo	Nulo
Percolação	20%	Nula
<b>TOTAL</b>	<b>40% (EA 60%)</b>	<b>10% (EA 90%)</b>

#### A) EA baixa (60%), UD alta (90%), EArm alta (100%)

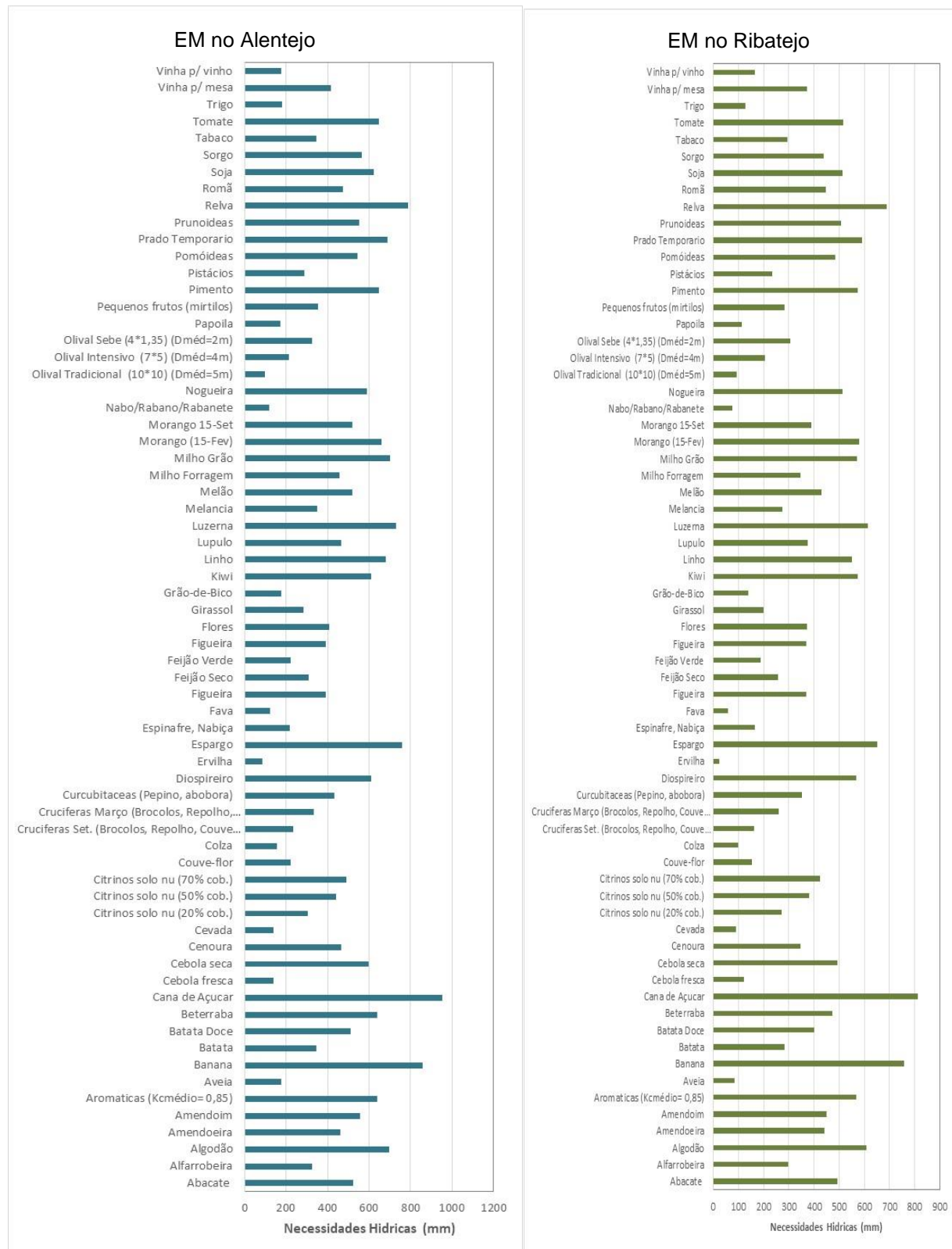
Maior perda de água com percolação, evaporação e arrastamento

#### B) EA alta (90%), UD baixa (60%), EArm baixa (30%)

Quebra de produção por stress hídrico

## ANEXO 4

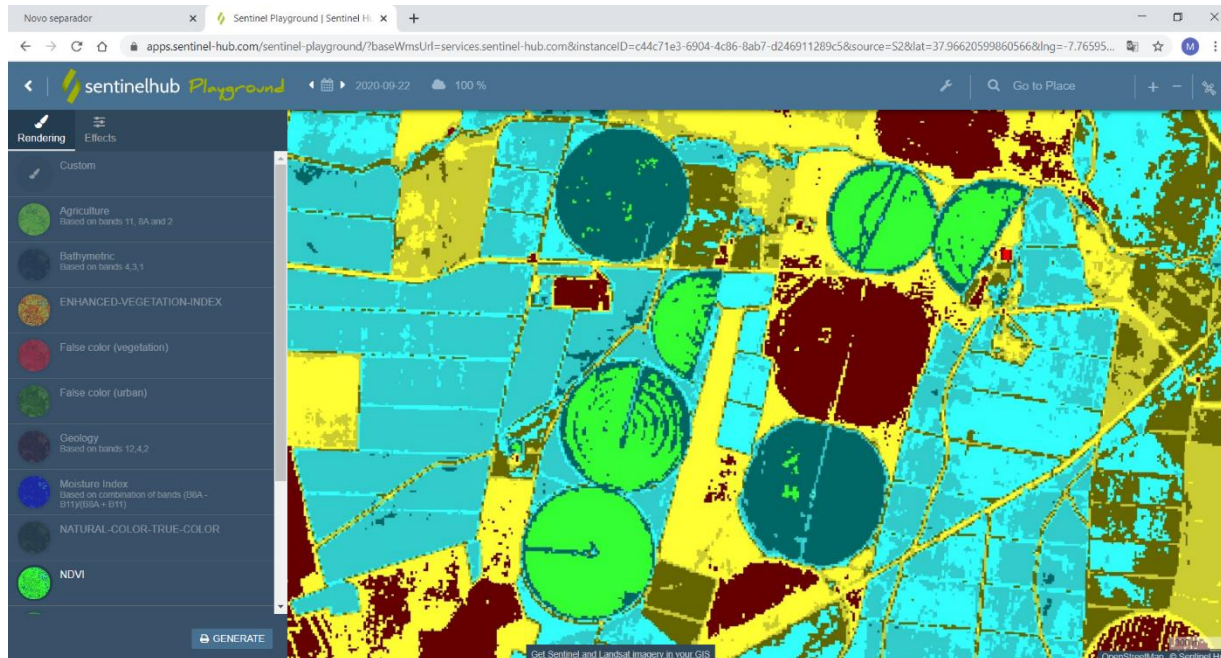
Necessidades Hídricas das culturas no ano de 2018, numa estação meteorológica na região Alentejo e na região Ribatejo.





## ANEXO 5

### Uso de Imagens de satélite (NDVI) para a gestão da rega e processos de decisão



#### VRI - Variable Rate Irrigation

Rega de Precisão com localização (site-specific) de zonas e setores

diferenciados para aplicação de água.

Informação topográfica, solo, cultura, produção.

Controle de velocidades e dotações

Controlo de caudais de aspersores por válvulas e impulsos sectoriais

## Mapas VRI

Zonas e Sectores

Objetivos:

- Aumento da produção
- Redução das perdas de água

